

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ кибернетики _____
Направление подготовки _____ Машиностроение _____
Кафедра _____ ТАМП _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления вала

УДК _621,9_

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Рюмин Егор Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Галин Н.Е.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В.Ю.	кандидат наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТАМП	Арляпов А.Ю			

Томск – 20__ г.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.....	5
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	6
Определение типа производства	6
Выбор исходной заготовки.....	9
Разработка маршрута технологии изготовления вала.....	10
Назначение допусков на технологические размеры.....	14
Расчет припусков и диаметральных технологических размеров	16
Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø30	17
Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø25	20
Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø24,5	23
Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø18	24
Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø8	25
Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении.....	26
Выбор средств технологического оснащения	37
Расчет режимов резания	41
Определение норм времени	65
Определение норм основного времени.....	66
Определение норм вспомогательного времени	75
Определение штучно-калькуляционного времени.....	76
КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	79
Разработка приспособления	79
Расчет усилий зажима	81
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	82
Общие положения	82
Расчет затрат по статье «Сырье и материалы».....	83
Расчет затрат по статье «Покупные комплектующие и полуфабрикаты»	84
Расчет затрат по статье «Возвратные отходы»	84
Расчет затрат по статье «Топливо и энергия на технологические цели»	84
Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих».....	85
Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»	85
Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды».....	86
Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»	86
Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»	86
Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы».....	90
Расчет затрат по статье «Технологические потери».....	90
Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы».....	90
Расчет затрат по статье «Потери брака»	91
Расчет затрат по статье «Прочие производственные расходы»	91
Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»	91
Расчет прибыли	91
Расчет НДС.....	92
Цена изделия	92
РАЗДЕЛ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	93
Введение	93
Производственная безопасность.....	93
Экологическая безопасность.....	96
Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	97

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	98
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	98

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность производства, его технический прогресс, качество выпускаемой продукции во многом зависят от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от всемерного внедрения методов технико-экономического анализа, обеспечивающего решение технических вопросов и экономическую эффективность технологических и конструкторских разработок.

Целью курсового проекта является разработка эффективного технологического процесса изготовления детали типа «Ось». Это позволит получить навыки разработки технологии изготовления детали и закрепит теоретические знания по дисциплине «Технология машиностроения». Технологический процесс разрабатывается для условий мелкосерийного производства.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Разработать технологический процесс изготовления оси. Чертёж детали представлен на рисунке 1. Годовая программа выпуска: 5000 шт.

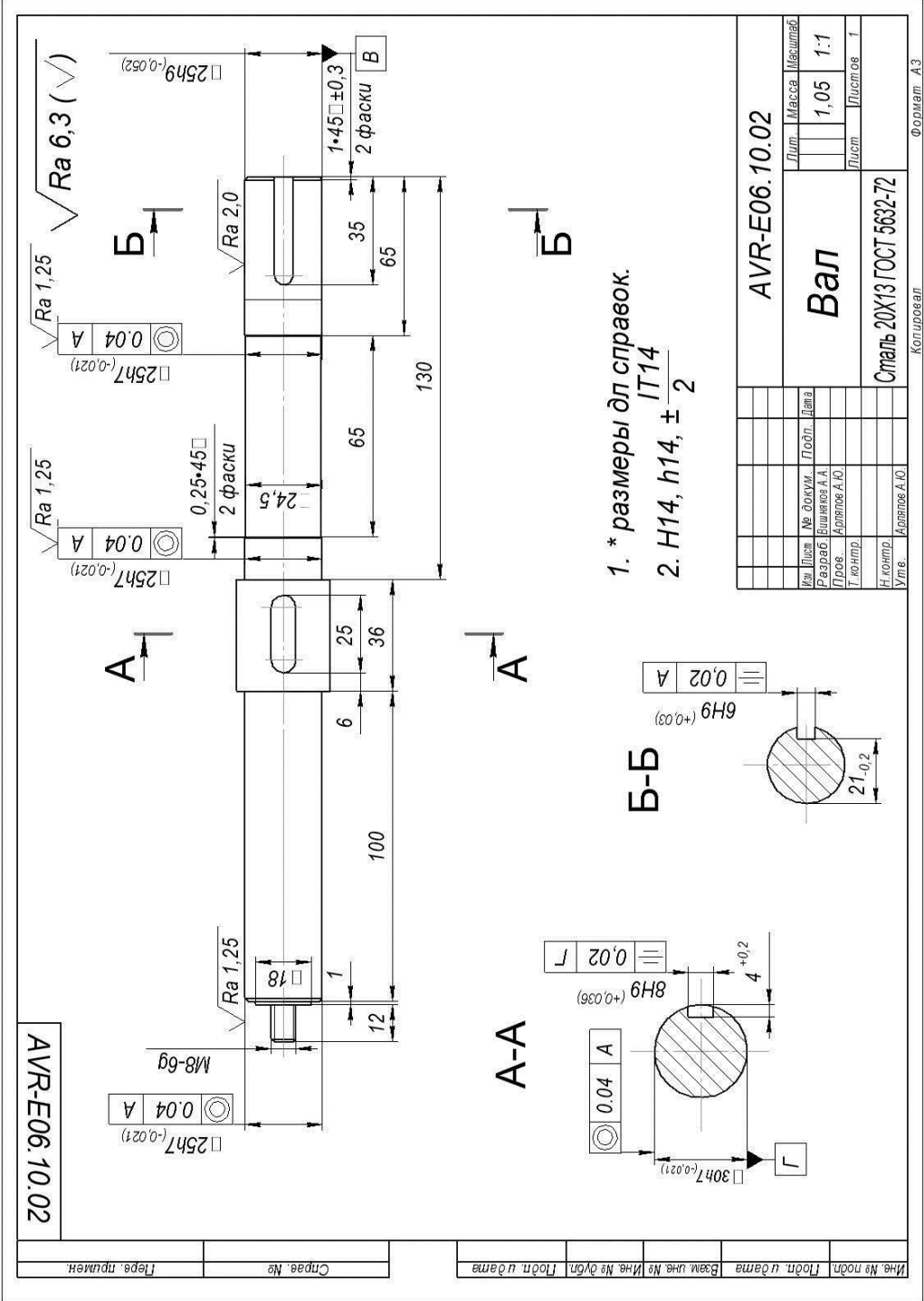


Рисунок 1 - Вал

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ – такт выпуска детали, мин.;

$T_{\text{ср}}$ – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}}, \quad (2)$$

где $F_{\text{г}}$ – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{\text{г}}$ – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме работы: $F_{\text{г}} = 4029$ ч.

Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}} \cdot 60}{N_{\text{г}}} = \frac{4029 \cdot 60}{5000} = 48,35 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к } i}}{n}, \quad (3)$$

где $T_{\text{ш.к } i}$ – штучно – калькуляционное время i - ой основной операции, мин.;

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 7 операций ($n=7$).

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1, с.147]:

$$T_{ш.кi} = \varphi_{кi} \cdot T_{oi} \quad (4)$$

где $\varphi_{кi}$ – коэффициент i- ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

T_{oi} – основное технологическое время i- ой операции, мин.

Для первой операции (отрезание) $\varphi_{к0}=2,14$;

для токарных операций $\varphi_{к.1}=\varphi_{к.2}=\varphi_{к.3}=\varphi_{к.4}=2,14$;

для фрезерной: $\varphi_{к.5}=1,84$;

для шлифовальной: $\varphi_{к.6}=2,1$.

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [1, с.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой заготовительной операции определяем по формуле:

$$T_{0,0}=(0,19 \cdot d^3) \cdot 10^{-3},$$

где d – диаметр, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по рисунку 1.

Тогда

$$T_{0,0}=(0,19 \cdot 32^3) \cdot 10^{-3} = 6,23 \text{ мин};$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (4):

$$T_{ш.к0} = \varphi_{к3} \cdot T_{0,3} = 2,14 \cdot 6,23 = 13,33 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время первой и второй токарных операций определяем по следующей формуле:

$$T_{0,1} = T_{0,2} = (0,037 \cdot D^2) \cdot 10^{-3},$$

тогда

$$T_{0,1} = T_{0,2} = (0,037 \cdot 32^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к1} = T_{ш.к2} = \varphi_{к1} \cdot T_{о.1} = 2,14 \cdot 0,037 = 0,079 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время третьей токарной операции определяем по формуле:

$$T_{о.3} = (0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по рисунку 1.

Тогда

$$T_{о.3} = (0,17 \cdot 25 \cdot 112 + 0,17 \cdot 18 \cdot 12 + 0,17 \cdot 8 \cdot 11) \cdot 10^{-3} = 476 + 36,72 + 14,96 = 0,53 \text{ мин};$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (4):

$$T_{ш.к3} = \varphi_{к3} \cdot T_{о.3} = 2,14 \cdot 0,53 = 1,13 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время четвертой токарной операции определяем по следующей формуле:

$$T_{о.4} = (0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

тогда

$$T_{о.4} = (0,17 \cdot 25 \cdot 130 + 0,17 \cdot 24,5 \cdot 65) \cdot 10^{-3} = 0,82 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к4} = \varphi_{к4} \cdot T_{о.4} = 2,14 \cdot 0,82 = 1,75 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для пятой операции (фрезерной) (см. операционную карту):

$$T_{о.5} = (7 \cdot l + 7 \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

тогда

$$T_{о.5} = (7 \cdot 25 + 7 \cdot 35) \cdot 10^{-3} = 0,42 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к5} = \varphi_{к5} \cdot T_{о.5} = 1,84 \cdot 0,42 = 0,77 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для шестой операции (кругло-шлифовальной) (см. операционную карту):

$$T_{о.6} = (0,15 \cdot d \cdot l + 0,15 \cdot d \cdot l + 0,15 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3}$$

тогда

$$T_{0,6} = (0,15 \cdot 25 \cdot 65 + 0,15 \cdot 30 \cdot 36 + 0,15 \cdot 25 \cdot 100) \cdot 10^{-3} = 0,78 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к 6} = \varphi_{к 6} \cdot T_{0,6} = 2,1 \cdot 0,78 = 1,63 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле (3):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n} = \frac{T_{ш.к 0} + T_{ш.к 1} + T_{ш.к 2} + T_{ш.к 3} + T_{ш.к 4} + T_{ш.к 5} + T_{ш.к 6}}{7} =$$

$$= \frac{13,33 + 0,079 + 0,079 + 1,13 + 1,75 + 0,77 + 1,63}{7} = 2,68 \text{ мин}$$

Тип производства определяем по формуле (1):

$$K_{з.о} = \frac{t_e}{T_{cp}} = \frac{48,35}{2,68} = 18,1$$

Так как $10 < K_{з.о} = 18,1 < 20$, то тип производства среднесерийный.

ВЫБОР ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 20Х13), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (среднесерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат горячекатаный, рисунок 2.

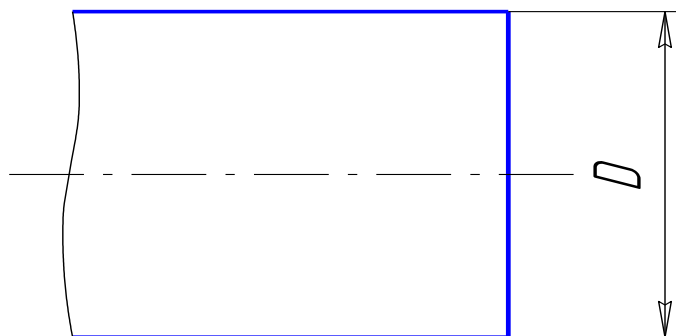


Рисунок 2.

РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛА

Маршрут технологии изготовления детали «Вал» представлен на следующих 4-х страницах.

Маршрутная карта				
Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	
Операции	Переходы			
1	2	3	4	
05	A 1	<u>0.Заготовительная</u> Выдвинуть пруток до упора и закрепить Отрезать заготовку выдержав размер		
010	A 1	<u>1.Токарная</u> Установить деталь Подрезать торец 1 выдержав размер A11		
	2	Сверлить центральное отверстие, выдерживая размеры A13, A12, D11, D11		
015	A 1	<u>2.Токарная</u> Установить деталь Подрезать торец 2 выдержав размер A21		

Изм. № подл. Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № док. Подп. и дата

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Эскизы технологических процессов

Копировал Формат А4

Лист 1

Рисунок 3 – Технологический процесс, стр. 1.

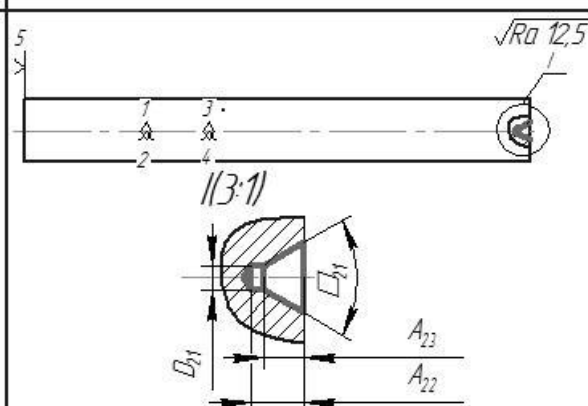
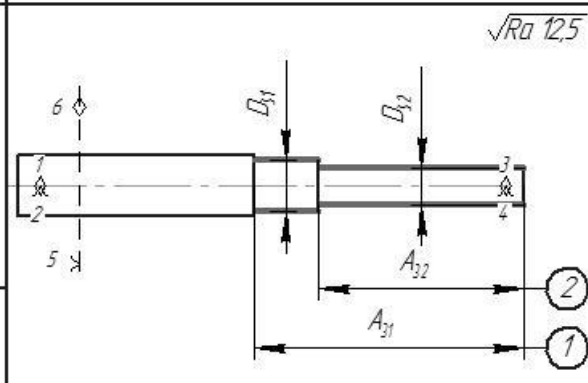
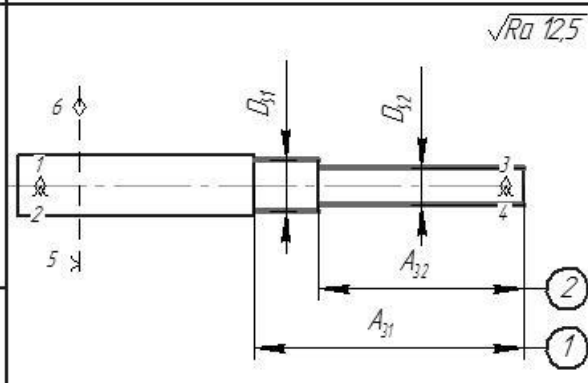
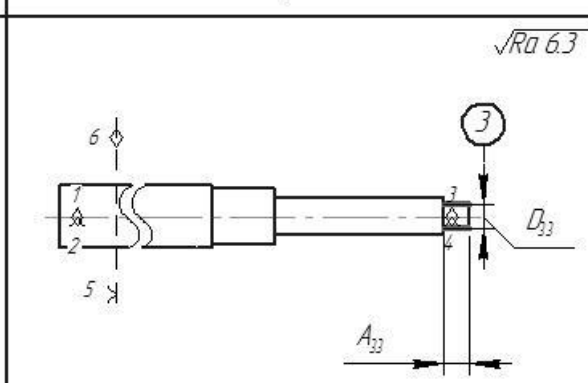
допускаются изменения									
Номер		Наименование и содержание операций и переходов			Операционный эскиз				
Операции	Перехода								
1	2	3			4				
	2	Сверлить центровое отверстие, выдерживая размеры $A_{23}, A_{22}, D_{21}, D_{21}$							
020	A	<u>3.Токарная</u> Установить деталь							
	1	Точить поверхность 1, выдерживая размеры D_{31}, A_{31}							
	2	Точить поверхность 2 начерно, выдерживая размеры D_{32}, A_{32}							
	3	Точить поверхность 3, выдерживая размеры $D_{33},$ A_{33}							
Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Эскизы технологических процессов				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
					Лист 2				
					Копировал Формат А4				

Рисунок 4 – Технологический процесс, стр. 2.

᠔᠐ᠢᠵᠠᠨᠠ				
---	--	--	--	--

Рисунок 4 – Технологический процесс, стр. 3.

НАЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ

Назначим допуски для исходной заготовки и всех технологических размеров при помощи Приложения 1, Приложения 3 и Приложения 4 [2, стр. 65; стр. 73; стр. 76.]

Предельные отклонения по диаметру сортового круглого проката из стали для диаметра проката Ø32мм при обычно точности проката $es=+0,4\text{мм}$; $ei=-0,7\text{мм}$

Допуски на расстояния (A_i) между обработанной поверхностью и измерительной базой в общем случае могут быть определены по формуле:

$$TA_i = \omega_c + p_i + \varepsilon_b,$$

где ω_c – средняя статистическая точность, мкм;

p_i – пространственное отклонение измерительной (технологической) базы, мкм;

ε_b – погрешность базирования, мкм.

Линейные размеры:

$$TA_{01} = 900 \text{ мкм};$$

$$TA_{11} = \omega_c + p + \varepsilon_3 = 300 + 20 + 70 = 390 \text{ мкм};$$

$$TA_{21} = \omega_c + \varepsilon_3 = 300 + 70 = 370 \text{ мкм};$$

$$TA_{31} = \omega_c + \varepsilon_3 = 190 \text{ мкм};$$

$$TA_{32} = \omega_c + \varepsilon_3 = 190 \text{ мкм};$$

$$TA_{33} = \omega_c = 120 \text{ мкм};$$

$$TA_{34} = \omega_c = 100 \text{ мкм};$$

$$TA_{35} = \omega_c = 100 \text{ мкм};$$

$$TA_{36} = \omega_c = 150 \text{ мкм};$$

$$TA_{41} = \omega_c = 120 \text{ мкм};$$

$$TA_{42} = \omega_c = 120 \text{ мкм};$$

$$TA_{43} = \omega_c = 120 \text{ мкм};$$

$$TA_{44} = \omega_c = 400 \text{ мкм};$$

$$TA_{51} = \omega_c = 200 \text{ мкм};$$

$$TA_{52} = \omega_c = 200 \text{ мкм};$$

$$TA_{53} = \omega_c + \varepsilon_b = 120 \text{ мкм}$$

$$TA_{54} = \omega_c = 120 \text{ мкм};$$

$$TA_{55} = \omega_c = 120 \text{ мкм};$$

$$TA_{56} = \omega_c + \varepsilon_6 = 0,22 \text{ мкм};$$

$$TA_{57} = \omega_c = 120 \text{ мкм};$$

Диаметральные размеры:

Допуски на диаметральные размеры, принимаем равные статистической точности на обработку заготовки $TD = \omega_c$

$$TD_{11} = 300 \text{ мкм}$$

$$TD_{31} = 300 \text{ мкм};$$

$$TD_{32} = 300 \text{ мкм};$$

$$TD_{33} = 300 \text{ мкм};$$

$$TD_{34} = 300 \text{ мкм};$$

$$TD_{41} = 300 \text{ мкм};$$

$$TD_{42} = 300 \text{ мкм};$$

$$TD_{61} = 20 \text{ мкм};$$

$$TD_{62} = 20 \text{ мкм};$$

$$TD_{63} = 20 \text{ мкм};$$

$$TD_{64} = 20 \text{ мкм}.$$

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ

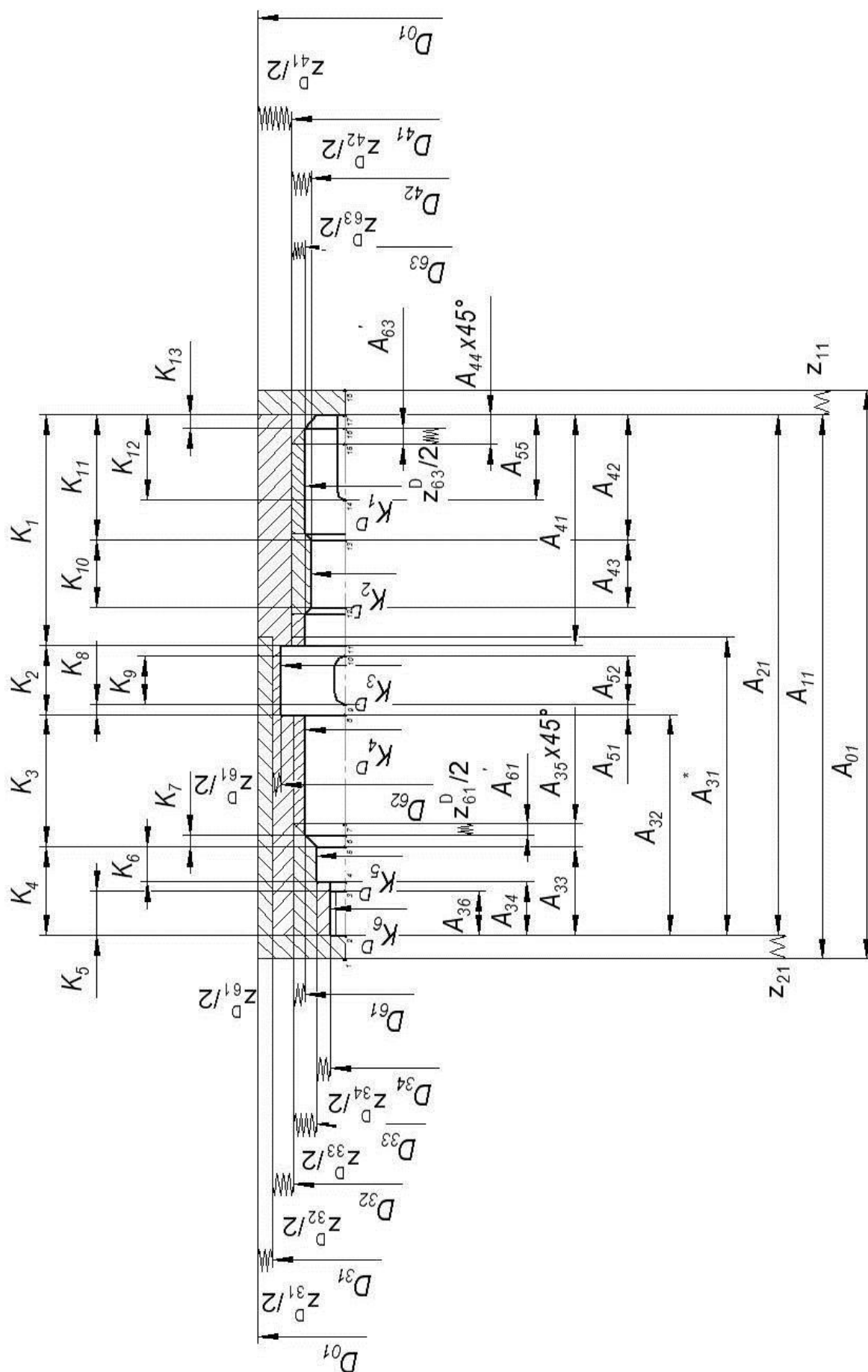


Рисунок 5 - Размерная схема осевых и диаметральных размеров.

Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø30

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения определяется по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2}), \quad (5)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученное на предшествующем переходе или операции, мкм;

ε_{y_i} – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Таблица 1 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø30

Переходы обработки поверхности Ø30	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ_0	ε_y	
Точение: Черновое H14	100	125	115	0	680
Шлифование: Чистовое h7	80	70	20	0	340

5.1.1. Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем по Приложению 2 [2, стр. 72]

5.1.2. Суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности найдем из формулы (6):

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi_{i-1}}^2 + \rho_{p_{i-1}}^2}, \quad (6)$$

Где $\rho_{\phi_{i-1}}$ - погрешность формы; $\rho_{p_{i-1}}$ - погрешность расположения; [2, стр. 73; стр.43; стр.48.]

$$\rho_0 = \sqrt{(\Delta_{\kappa} \cdot l_3)^2 + \rho_{p_0}^2} = (1 \cdot 115)^2 + 0^2 = 115(\text{мкм})$$

5.1.3. Погрешность установки на выполняемом переходе ε_y считаем равным нулю, т.к обработка происходит в центрах.

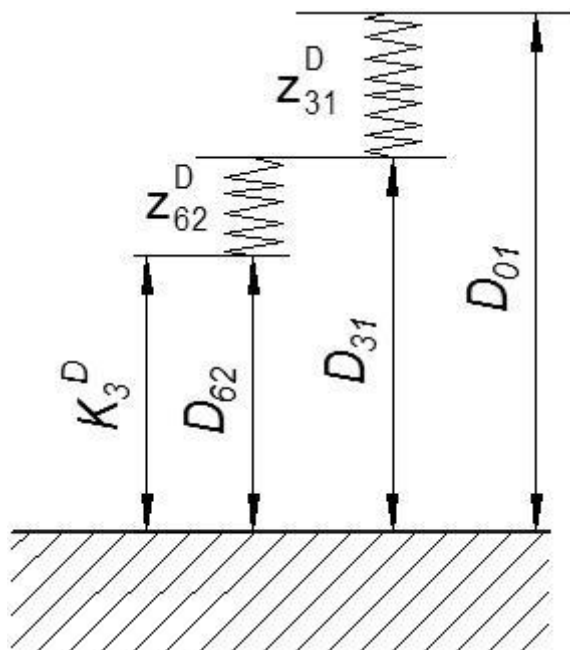
Минимальный припуск на точение, формула (5):

$$2Z_{1\min} = 2(R_{Z_0} + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2}) = 2(100 + 125 + \sqrt{115^2 + 0^2}) = 680(\text{мкм}).$$

Минимальный припуск на шлифование:

$$2Z_{1\min} = 2(80 + 70 + \sqrt{20^2 + 0^2}) = 340(\text{мкм}).$$

Расчет диаметральных технологических размеров выполняем из условия обеспечения минимальных припусков на обработку при помощи метода максимума-минимума с использованием способа средних значений.



Сначала определим диаметральный технологический размер D_{11} , опираясь на размерную схему (см. рис. 5)

$$z_{62}^D = D_{31} - D_{62} \Rightarrow D_{31} = D_{62} + z_{D62}$$

Найдем среднее значение припуска z_{D62} :

$$z_{D62}^{cp} = z_{D62\min} + \frac{TD_{31} + TD_{62}}{2} = 0.34 + \frac{0.3 + 0.020}{2} = 0.50(\text{мм})$$

Далее, найдем среднее значение звена D_{31} :

$$\text{Т.к. } D_{62}=30_{(-0,020)}, \text{ то } D_{62}^{cp} = 29,99(\text{мм})$$

$$D_{31}^{cp} = z_{D62}^{cp} + D_{62}^{cp} = 0,50 + 29,99 = 30,49(\text{мм})$$

Звено запишем в виде:

$$D_{31} = 30,64_{-0,3}(\text{мм})$$

Тогда припуск будет равен:

$$z_{62}^D = D_{31} - D_{62} = 30,64_{-0,3} - 29,99_{-0,020} = 0,65_{-0,3}^{+0,020}(\text{мм})$$

Имея размер D_{31} , перейдем к расчету диаметрального размера D_{01} , используя все тот же способ:

$$z_{31}^D = D_{01} - D_{31} \Rightarrow D_{31} = D_{01} + z_{31}^D$$

$$z_{D31}^{cp} = z_{D31\min} + \frac{TD_{01} + TD_{31}}{2} = 0.68 + \frac{1,1 + 0.3}{2} = 1,38(\text{мм})$$

$$D_{01}^{cp} = z_{D31}^{cp} + D_{31}^{cp} = 1,38 + 30,5 = 31,89(\text{мм})$$

Звено запишем в виде:

$$D_{01} = 32,44_{-0,7}^{+0,4}(\text{мм})$$

Примем D_{01} равным наибольшему ближайшему числу из ряда типоразмеров диаметра проката:

$$D_{01} = 33_{-0,7}^{+0,4} (\text{мм})$$

Тогда фактическое значение припуска будет равно:

$$z_{31}^D = D_{01} - D_{31} = 33_{-0,7}^{+0,4} - 30,64_{-0,3} = 2,36_{-0,7}^{+0,7} (\text{мм})$$

Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø25

Так как к данной поверхности назначены несколько конструкторских размеров, будут использоваться две размерные схемы (рис. 7; рис. 8.)

Таблица 2 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø25

Переходы обработки поверхности Ø25	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Точение: Черновое H14	80	70	20	0	420
Шлифование: Чистовое h7	80	70	20	0	420
Точение: Черновое H14	100	125	115	0	680
Шлифование: Чистовое h7	80	70	20	0	420

5.2.1. Минимальный припуск на точение, формула (5):

$$2Z_{1\min} = 2Z_{2\min} = 2(R_{Z_0} + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2}) = 2(80 + 70 + \sqrt{20^2 + 0^2}) = 340 (\text{мкм}).$$

5.2.2. Посчитаем технологические размеры и минимальные припуски для всё той же поверхности, используя размерную схему на рисунке 8.

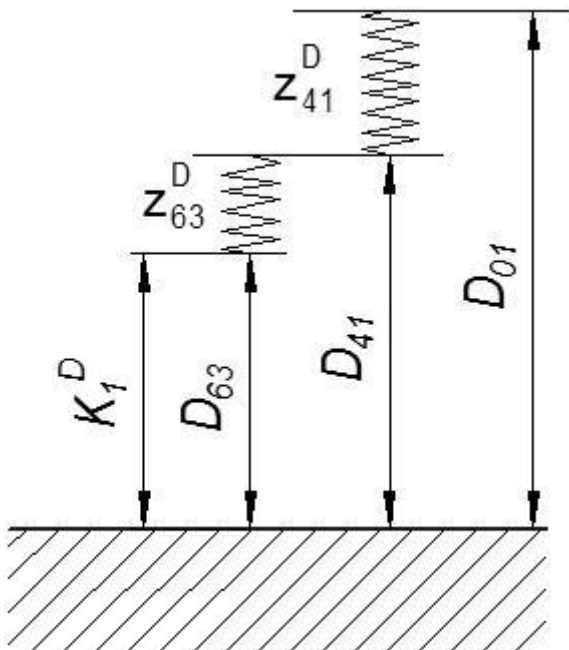


Рисунок 8 – Размерная схема обработки поверхности Ø25 мм.

Определим диаметральный технологический размер D_{41} :

$$z_{63}^D = D_{41} - D_{63} \Rightarrow D_{41} = D_{63} + z_{63}^D$$

Найдем среднее значение припуска z_{D63} :

$$z_{D63}^{cp} = z_{D63min} + \frac{TD_{41} + TD_{63}}{2} = 0.42 + \frac{0.3 + 0.020}{2} = 0.58(мм)$$

Далее, найдем среднее значение звена D_{41} :

Т.к $D_{63} = \text{Ø}25_{(-0,020)}$, то $D_{63}^{cp} = 24.99(мм)$

$$D_{41}^{cp} = z_{D63}^{cp} + D_{63}^{cp} = 0.58 + 24.99 = 25.57(мм)$$

Звено запишем в виде:

$$D_{41} = 25.72_{-0,3}(мм)$$

Тогда фактические значения припусков будут равны:

$$z_{63}^D = D_{41} - D_{63} = 25.72_{-0,3} - 25_{-0,020} = 0.72_{-0,3}^{+0,020}(мм)$$

$$z_{41}^D = D_{01} - D_{41} = 33_{-0,7}^{+0,4} - 25,72_{-0,3} = 7,28_{-0,7}^{+0,7} (\text{мм})$$

5.2.3. Определим оставшиеся размеры как:

$$D_{61} = \varnothing 25_{(-0,020)};$$

$$D_{62} = \varnothing 30_{(-0,020)};$$

$$D_{63} = \varnothing 25_{(-0,020)};$$

Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 24,5$

Таблица 3 – Расчет припусков на обработку поверхности $\varnothing 24,5$

Переходы обработки поверхности $\varnothing 24,5$	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Точение: Чистовое Н14	80	70	20	0	420

Найдем неизвестные размеры и припуски, используя схему на рисунке 9.

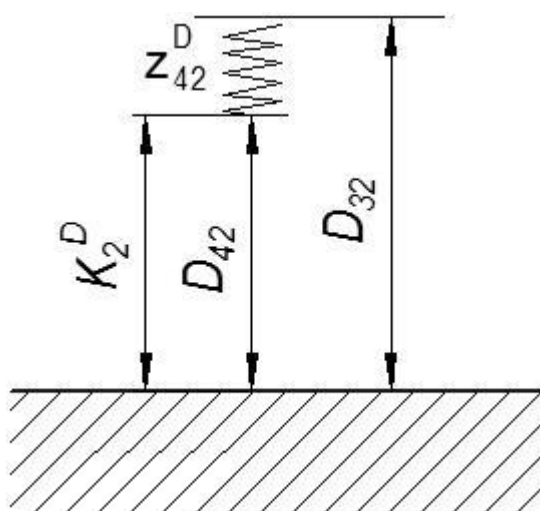


Рисунок 9 – Размерная схема обработки поверхности $\varnothing 24,5$ мм.

Принимаем $D_{42} = \varnothing 24,5_{(-0,3)}$, тогда фактическое значение припуска будет равно:

$$z_{42}^D = D_{32} - D_{42} = 25,72_{-0,3} - 24,5_{-0,3} = 1,22_{-0,3}^{+0,3} (\text{мм})$$

Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø18

Таблица 4 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø18

Переходы обработки поверхности Ø18	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ϵ	
Точение: Черновое H14	80	70	20	0	420

Найдем неизвестные размеры и припуски, используя схему на рисунке 10.

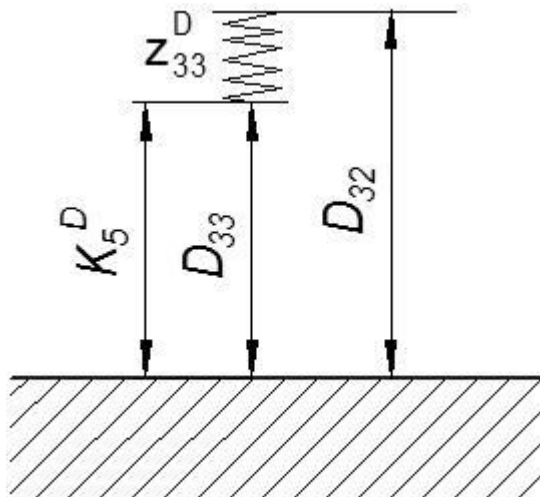


Рисунок 10 – Размерная схема обработки поверхности Ø18 мм.

Определим диаметральный технологический размер D_{32} :

$$z_{33}^D = D_{32} - D_{33} \Rightarrow D_{32} = D_{33} + z_{33}^D$$

Найдем среднее значение припуска z_{D33}^{cp} :

$$z_{D33}^{cp} = z_{D33min} + \frac{TD_{32} + TD_{33}}{2} = 0.42 + \frac{0.3 + 0.3}{2} = 0.72(мм)$$

Далее, найдем среднее значение звена D_{32} :

Т.к $D_{33} = \varnothing 18h14_{(-0,3)}$, то $D_{33}^{cp} = 17,85(мм)$

$$D_{32}^{cp} = z_{D33}^{cp} + D_{33}^{cp} = 0,72 + 17,85 = 18,57(мм)$$

Звено запишем в виде:

$$D_{32} = 18,72_{-0,3}(мм)$$

Тогда фактическое значение припуска будет равно:

$$z_{33}^D = D_{32} - D_{33} = 18,72_{-0,3} - 18_{-0,3} = 0,72_{-0,3}^{+0,3}(мм)$$

Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 8$

Таблица 5 – Расчет припусков на обработку поверхности $\varnothing 8$

Переходы обработки поверхности $\varnothing 8$	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{min}$, МКМ
	Rz	h	ρ	ϵ	
Точение: Черновое H14	80	70	20	0	420

Найдем неизвестный припуск, используя схему на рисунке 11.

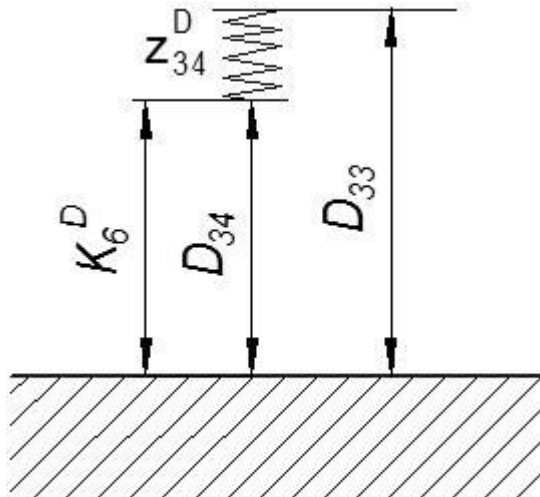


Рисунок 11 – Размерная схема обработки поверхности Ø8 мм.

Так как $D_{34} = \varnothing 8h_{(-0,3)}$, тогда фактическое значение припуска будет равно:

$$z_{34}^D = D_{33} - D_{34} = 18_{-0,3} - 8_{-0,3} = 10_{-0,3}^{+0,3} (\text{мм})$$

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ В ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ

В технологическом процессе присутствуют только два припуска: при подрезании левого и правого торцов. Найдем эти припуски.

Расчет припусков на обработку плоскостей будем производить по следующей формуле (7):

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (7)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученное на предшествующем переходе или операции, мкм;

3.1 Расчет припуска на обработку левого торца.

Таблица 1 – Расчет припусков на обработку левого торца детали

Операция	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{\min} , мкм
	Rz	h	ρ	
Точение: Чистовое Н14	100	125	315	540

Параметры Rz, h и ρ определяем таким же способом, как и в п. 5.1.1 и 5.1.2 раздела 2. Необходимо учесть, что данные параметры были сформированы после отрезной операции.

Суммарное пространственное отклонение находим по формуле (8):

$$\rho_{i-1} = \rho_{\Phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}}, \quad (8)$$

где $\rho_{\Phi_{i-1}}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности;

$\rho_{p_{i-1}}$ – погрешность расположения обрабатываемой поверхности.

$$\rho_{i-1} = 60 + 255 = 315(\text{мкм})$$

Найдем минимальное значение припуска, воспользовавшись формулой (7):

$$Z_{11\min} = Rz_{i\min} + h_{i\min} + \rho_{i-1} = 100 + 125 + 315 = 540 \text{ мкм}$$

Расчет припуска на обработку левого торца.

Таблица 6 – Расчет припусков на обработку правого торца детали

Операция	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{\min} , мкм
	Rz	h	ρ	
Точение: Чистовое Н14	100	125	115	340

Параметры Rz, h и ρ определяем таким же способом, как и в п. 5.1.1 и 5.1.2 раздела 2.

Найдем минимальное значение припуска, воспользовавшись формулой (7):

$$Z_{21_{\min}} = Rz_{i_{\min}} + h_{i_{\min}} + \rho_{i-1} = 100 + 125 + 115 = 340 \text{ мкм}$$

3.3 Расчет осевых технологических размеров.

Воспользуемся размерной схемой (рисунок 1) для определения осевых размеров.

Расчет начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i, \quad (8)$$

где TK_i – допуск на i -ый конструкторский размер; $\sum TA_i$ – сумма допусков i -ых технологических размеров составляющих звеньев размерной схемы;

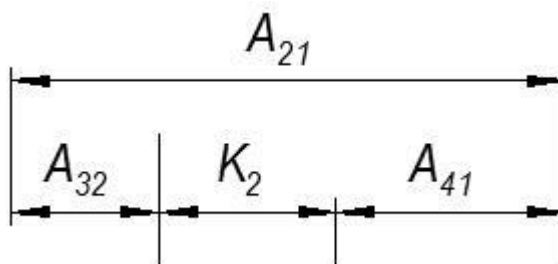
3.3.1. Из размерной схемы видно, что конструкторский размер $K_1 = A_{41}$ (см. рис.5).

Проверим выполняется ли условие:

$$TK_1 = 1 \text{ мм}; TA_{41} = 0,12 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $1 > 0,12$. Размер K_1 обеспечивается с заданной точностью.

3.3.2. Для проверки выполнения условия для размера K_2 , составим размерную схему (рис.11)



(Рис. 11)

Тогда, проверяя условие (8),

$$TK_2 = 0,62 \text{ мм} > TA_{21} + TA_{32} + TA_{41} = 0,19 + 0,12 + 0,37 = 0,68 \text{ мм}.$$

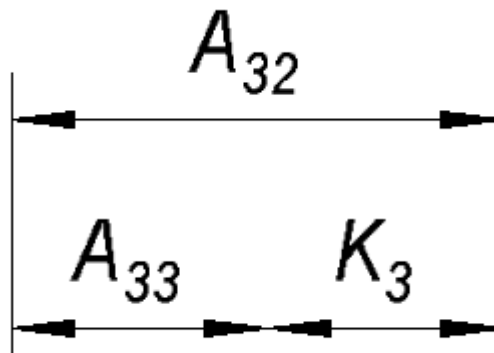
Условие не выполняется. Воспользуемся для проверки вероятностным методом:

$$TK_i = \sqrt{\sum TA_{i-1}^2}$$

$$TK_2 = \sqrt{0,19^2 + 0,12^2 + 0,37^2} = 0,43(\text{мм})$$

Размер K_2 обеспечивается с заданной точностью.

3.3.3. Для проверки выполнения условия для размера TK_3 , составим размерную схему (рис.12)



(Рис.12)

Тогда, проверяя условие (8),

$$TK_3 = 1 \text{ мм} > TA_{32} + TA_{33} = 0,19 + 0,12 = 0,38 \text{ мм}.$$

Условие выполняется. Размер K_3 обеспечивается с заданной точностью.

Размер K_3 обеспечивается с заданной точностью.

3.3.4. Из размерной схемы видно, что конструкторский размер $K_4 = A_{33}$ (см. рис.5).

Проверим выполняется ли условие:

$$TK_4 = 0,43 \text{ мм}; TA_{33} = 0,12 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,43 > 0,12$. Размер K_4 обеспечивается с заданной точностью.

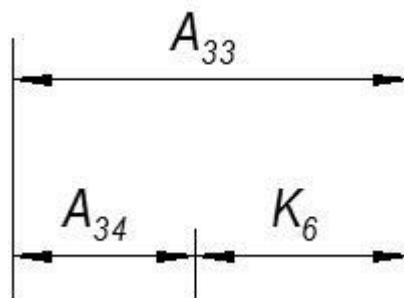
3.3.5. Из размерной схемы видно, что конструкторский размер $K_5 = A_{36}$ (см. рис.5).

Проверим выполняется ли условие:

$$TK_5 = 0,36 \text{ мм}; TA_{36} = 0,15 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,36 > 0,15$. Размер K_5 обеспечивается с заданной точностью.

3.3.6. Для проверки выполнения условия для размера TK_6 , составим размерную схему (рис. 13):



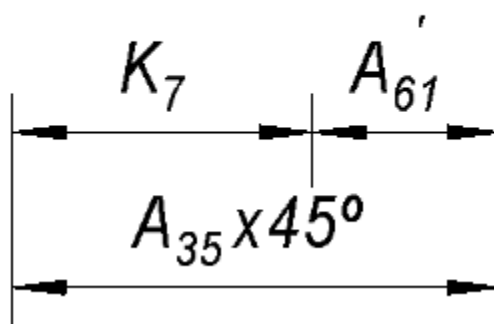
(Рис.13)

Тогда, проверяя условие (8),

$$TK_6 = 0,25 \text{ мм} > TA_{33} + TA_{34} = 0,1 + 0,1 = 0,20 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,25 > 0,20$. Размер K_6 обеспечивается с заданной точностью.

3.3.7. Для проверки выполнения условия для размера TK_7 , составим размерную схему (рис. 14):



(Рис.14)

Так как размер A_{61}' получен после шлифования, то принимаем его равным половине удаляемых при шлифовании припусков на диаметр $Z_{D61}/2$. Учитывая, что $Z_{D61} = 0,72^{+0,020}_{-0,3}$ мм, имеем $A_{61}' = Z_{D61}/2 = 0,36^{+0,010}_{-0,15}$ мм

Тогда, проверяя условие (8),

$$TK_7 = 0,6 \text{ мм} > TA_{61}' + TA_{35} = 0,16 + 0,4 = 0,56 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,6 > 0,56$. Размер K_7 обеспечивается с заданной точностью.

3.3.8. Из размерной схемы видно, что конструкторский размер $K_8 = A_{51}$ (см. рис.5).

Проверим выполняется ли условие (8):

$$TK_8 = 0,36 \text{ мм}; TA_{51} = 0,2 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,36 > 0,2$. Размер K_8 обеспечивается с заданной точностью.

3.3.9. Из размерной схемы видно, что конструкторский размер $K_9 = A_{52}$ (см. рис.5).

Проверим выполняется ли условие (8):

$$TK_9 = 0,52 \text{ мм}; TA_{52} = 0,2 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,52 > 0,2$. Размер K_9 обеспечивается с заданной точностью.

3.3.10. Из размерной схемы на рисунке 1 видно, что конструкторский размер $K_{10} = A_{43}$ (см. рис.5).

Проверим выполняется ли условие (8):

$$TK_{10} = 0,74 \text{ мм}; TA_{43} = 0,2 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,74 > 0,2$. Размер K_{10} обеспечивается с заданной точностью.

3.3.11. Из размерной схемы видно, что конструкторский размер $K_{11} = A_{42}$ (см. рис.5).

Проверим выполняется ли условие (8):

$$TK_{11} = 0,74 \text{ мм}; TA_{42} = 0,2 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,74 > 0,2$. Размер K_{11} обеспечивается с заданной точностью.

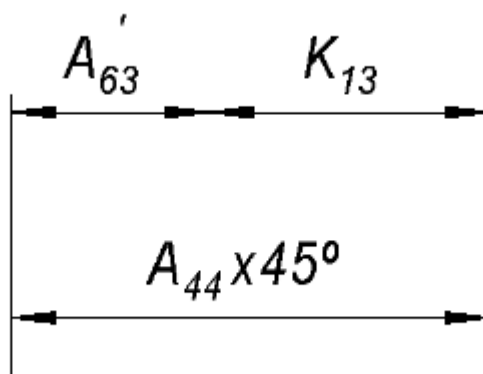
3.3.12. Из размерной схемы видно, что конструкторский размер $K_{12} = A_{55}$ (см. рис.5).

Проверим выполняется ли условие:

$$TK_{12} = 0,52 \text{ мм}; TA_{55} = 0,2 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,52 > 0,2$. Размер K_{12} обеспечивается с заданной точностью.

3.3.13. Для проверки выполнения условия для размера TK_{13} , составим размерную схему (рис.14):



(Рис.14)

Так как размер A'_{63} получен после шлифования, то принимаем его равным половине удаляемых при шлифовании припусков на диаметр $Z_{D63}/2$. Учитывая, что $Z_{D63} = 0,72^{+0,020}_{-0,3}$ мм, имеем $A'_{63} = Z_{D63}/2 = 0,36^{+0,010}_{-0,15}$ мм

Тогда, проверяя условие (8),

$$TK_{13} = 0,6 \text{ мм} > TA'_{63} + TA_{44} = 0,16 + 0,4 = 0,56 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, так как $0,6 > 0,56$. Размер K_{13} обеспечивается с заданной точностью.

Приступим к расчету технологических осевых размеров. Сначала определим размеры из двухзначных технологических цепей:

$$K_1 = A_{41} = 130 \pm 0,12 \text{ мм};$$

$$K_4 = A_{33} = 12 \pm 0,06 \text{ мм};$$

$$K_5 = A_{36} = 7 \pm 0,15 \text{ мм};$$

$$K_8 = A_{51} = 6 \pm 0,2 \text{ мм};$$

$$K_9 = A_{52} = 25 \pm 0,2 \text{ мм};$$

$$K_{10} = A_{43} = 65 \pm 0,2 \text{ мм};$$

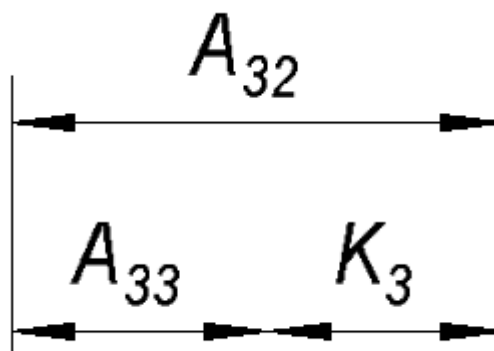
$$K_{11} = A_{42} = 50 \pm 0,2 \text{ мм};$$

$$K_{12} = A_{55} = 35 \pm 0,2 \text{ мм};$$

$$A'_{61} = Z_{D61}/2 = 0,36^{+0,010}_{-0,15} \text{ мм}$$

$$A_{63}' = Z_{D63}/2 = 0,36^{+0,010}_{-0,15}$$

Найдем размер A_{32} при помощи размерной цепи на рисунке 15.



(Рис. 15)

$$K_3^{cp} = A_{32}^{cp} - A_{33}^{cp};$$

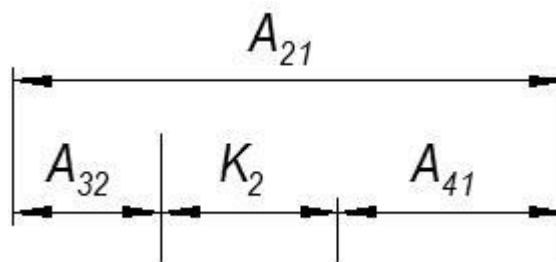
$$K_3^{cp} = K_3 + \frac{BOK_3 + HOK_3}{2} = 100 + \frac{0,5 - 0,5}{2} = 100_{мм};$$

$$A_{33}^{cp} = A_{33} + \frac{BOA_{33} + HOA_{33}}{2} = 12 + \frac{0,12 - 0,12}{2} = 12_{мм};$$

$$A_{32}^{cp} = K_3^{cp} + A_{33}^{cp} = 100 + 12 = 112_{мм};$$

Так как размер A_{32} не является охватывающим или охватываемым, запишем его в виде $A_{32} = 112 \pm 0,19_{мм}$.

Найдем размер A_{21} при помощи размерной цепи на рисунке 16.



(Рис.16)

$$K_2^{cp} = A_{21}^{cp} - (A_{32}^{cp} + A_{41}^{cp});$$

$$K_2^{cp} = K_2 + \frac{BOK_2 + HOK_2}{2} = 36 + \frac{0 - 0,62}{2} = 35,69 \text{ мм};$$

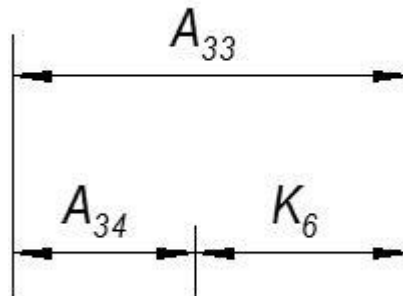
$$A_{32}^{cp} = 112 \text{ мм};$$

$$A_{41}^{cp} = A_{41} + \frac{BOA_{41} + HOA_{41}}{2} = 130 + \frac{0,12 - 0,12}{2} = 130 \text{ мм};$$

$$A_{21}^{cp} = K_2^{cp} + A_{32}^{cp} + A_{41}^{cp} = 35,69 + 112 + 130 = 277,69 \text{ мм};$$

Так как размер A_{21} охватываемый, запишем его в виде $A_{21} = 277,875_{(-0,37)} \text{ мм}$.

Найдем размер A_{34} при помощи размерной цепи на рисунке 17.



(Рис. 17)

$$K_6^{cp} = A_{33}^{cp} - A_{34}^{cp};$$

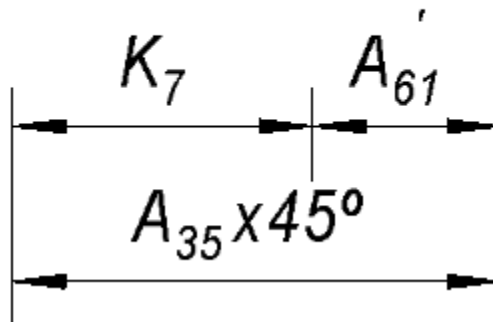
$$K_6^{cp} = K_6 + \frac{BOK_6 + HOK_6}{2} = 1 + \frac{0,125 - 0,125}{2} = 1 \text{ мм};$$

$$A_{33}^{cp} = 12 \text{ мм};$$

$$A_{34}^{cp} = A_{33}^{cp} - K_6^{cp} = 12 - 1 = 11 \text{ мм};$$

Так как размер A_{34} не является охватывающим или охватываемым, запишем его в виде $A_{34} = 11 \pm 0,05 \text{ мм}$.

Найдем размер A_{35} при помощи размерной цепи на рисунке 18.



(Рис.18)

$$K_7^{cp} = A_{35}^{cp} - A_{61}^{cp'};$$

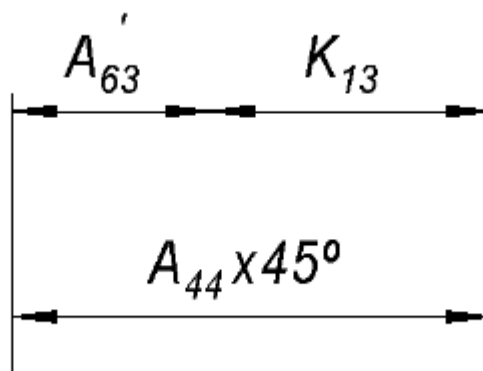
$$K_7^{cp} = K_7 + \frac{BOK_7 + HOK_7}{2} = 1 + \frac{0,3 - 0,3}{2} = 1 \text{ мм};$$

$$A_{61}^{cp} = A_{61} + \frac{BOA_{61} + HOA_{61}}{2} = 0,36 + \frac{0,01 - 0,15}{2} = 0,29 \text{ мм};$$

$$A_{35}^{cp} = K_7^{cp} + A_{61}^{cp'} = 1 + 0,29 = 1,29 \text{ мм};$$

Так как размер A_{35} не является охватывающим или охватываем, запишем его в виде $A_{35} = 1,29 \pm 0,05 \text{ мм}$.

Найдем размер A_{44} при помощи размерной цепи на рисунке 19.



(Рис.19)

$$K_{13}^{cp} = A_{44}^{cp} - A_{63}^{cp'};$$

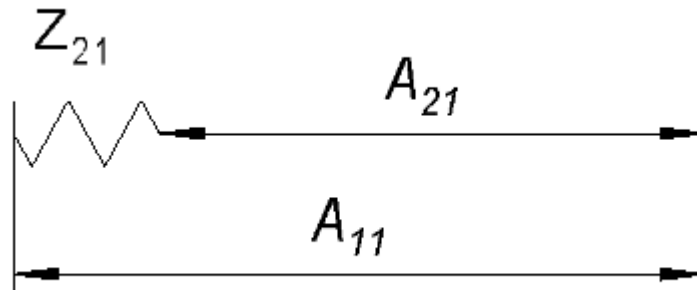
$$K_{13}^{cp} = K_{13} + \frac{BOK_{13} + HOK_{13}}{2} = 1 + \frac{0,3 - 0,3}{2} = 1_{мм};$$

$$A_{63}^{cp} = A_{63} + \frac{BOA_{63} + HOA_{63}}{2} = 0,36 + \frac{0,01 - 0,15}{2} = 0,29_{мм};$$

$$A_{44}^{cp} = K_{13}^{cp} + A_{63}^{cp} = 1 + 0,29 = 1,29_{мм};$$

Так как размер A_{44} не является охватывающим или охватываемым, запишем его в виде $A_{44} = 1,29 \pm 0,2$ мм.

Найдем размер A_{11} , зная минимальное значение припуска Z_{21} , воспользовавшись размерной цепью на рисунке 21:



(Рис. 21)

$$A_{11}^{cp} = Z_{21}^{cp} + A_{21}^{cp};$$

$$Z_{21}^{cp} = z_{21\min} + \frac{TA_{11} + TA_{21}}{2} = 0,34 + \frac{0,39 + 0,37}{2} = 0,72(мм)$$

$$A_{21}^{cp} = 277,69(мм);$$

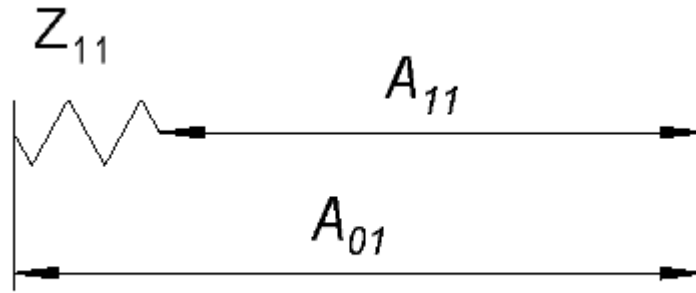
$$A_{11}^{cp} = 0,72 + 277,69 = 278,41(мм);$$

Размер A_{11} является охватываемым. Значит запишем его как $A_{11} = 278,605_{-0,39}$.

Найдем припуск Z_{21}

$$Z_{21} = A_{11} - A_{21} = 278,605_{-0,39} - 277,875_{-0,37} = 0,73_{-0,39}^{+0,37}(мм);$$

Найдем размер A_{01} , зная минимальное значение припуска Z_{11} , воспользовавшись размерной цепью на рисунке 22:



(Рис. 22)

$$A_{01}^{cp} = Z_{11}^{cp} + A_{11}^{cp};$$

$$Z_{11}^{cp} = z_{11min} + \frac{TA_{01} + TA_{11}}{2} = 0.54 + \frac{0.9 + 0.39}{2} = 1.19(мм)$$

$$A_{11}^{cp} = 278.41(мм);$$

$$A_{01}^{cp} = 1.19 + 278.41 = 279.6;$$

Размер A_{01} является охватываемой. Значит запишем размер как $A_{01} = 280.05_{-0.9} мм$.

Примем $A_{01} = 280_{-0.9}$

Найдем припуск Z_{11}

$$Z_{11} = A_{01} - A_{11} = 280_{-0.9} - 278.605_{-0.37} = 1.395_{-0.9}^{+0.37}(мм);$$

ВЫБОР СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

Выбор средств технологического оснащения будем производить на основании габаритных размеров заготовки, требований к точности и экономических расчетов.

Ниже будут приведены тип, названия станков и их основные характеристики. Для удобства информация сведена в таблицу. Информация взята из Приложения 4 [1, с.154]

Ленточно-отрезной станок

JET HBS-1018W

Основные характеристики:

Зона обработки, мм	250x415
Размеры ленточного полотна, мм	27x0,9x3300
Диапазон поворота губок тисков, °	0-45
Высота рабочего стола, мм	635
Объем бака для СОЖ, л	23
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1,5
Габаритные размеры:	
длина	1780
ширина	790
Масса, кг	355

Токарно- винторезный станок
Модель 16K20

Основные характеристики:

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	
над станиной	400
над суппортом	220
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, мм	53
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	1000
Шаг нарезаемой метрической резьбы	До 20
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5 – 2000

Число скоростей шпинделя	22
Подача на один оборот шпинделя, мм/об:	
продольная	0,05 – 2,8
поперечная	0,025 – 1,4
Число ступеней подачи:	
продольных	22
поперечных	24
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	11
Габаритные размеры:	
длина	2505
ширина	1190
Масса, кг	4000

Вертикально-фрезерный станок

Модель 6P10

Основные характеристики:

Размер рабочей поверхности стола	800×200
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	500
поперечное	160
вертикальное	300
Расстояние от оси шпинделя до поверхности стола, мм	50...350
Частота вращения шпинделя, об/мин	50 – 2240
Число рабочих подач стола	12
Подача стола, мм/мин:	
продольная	25 – 1120
поперечная	25 – 1120
вертикальная	12,5 – 560
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3

Габаритные размеры:	
длина	1445
ширина	1875
Масса, кг	1290

Круглошлифовальный станок
Модель 3Б153Т

Основные характеристики:

Размер рабочей поверхности стола	800×200
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм:	
диаметр	200
длина	500
Рекомендуемый диаметр шлифования, мм	20...80
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм	500×63×203
Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, об/мин	1320
Частота вращения шпинделя изделия, об/мин	78...780
Угол поворота стола, град	±1
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5
Габаритные размеры:	
длина	2260
ширина	1920
Масса, кг	1290

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Токарная операция 1

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – BK8.

Переход №1: Подрезка торца в размер $A_{11}=254,53$ мм.

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 184] – T15K6.

Геометрические элементы лезвия четырехгранной пластинки:

$$\varphi = 45^\circ; \varphi_1 = 45^\circ.$$

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,19$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}. \quad (10)$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 20х13 берем из таблицы 2 [4, с.359]:

$$K_r = 0,85, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{740}\right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{740}\right)^1 = 0,86.$$

$$K_{MV} = 0,86; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,9.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 1,19^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 269,66 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 269,66}{3,14 \cdot 33} = 2602 \text{ об / мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 2500}{1000} = 259,1 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$ $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 1,19$ мм.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{740}{750}\right)^{0,75} = 0,98.$$

$$K_{MP} = 0,98; \quad K_{фP} = 1; \quad K_{\gamma P} = 1,0; \quad K_{\lambda P} = 1,0; \quad K_{rP} = 0,82.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,19^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 259,1^0 \cdot 0,8 = 971 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{971 \cdot 259,1}{1020 \cdot 60} = 4,11 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

КПД привода примем $\eta = 0,75$.

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,11}{0,75} = 5,48 \text{ (кВт)}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$5,48 \leq 11 \text{ кВт}$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

Переход №2: Сверлильная операция: сверлить центровое отверстие Ø4 мм

Материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5.

1. Глубина резания $t=8.9$ мм, $D=4$ мм

2. Подача по таблице 25 [4, с.277]: $S=0,09$ мм/об. По рекомендациям подачу принимаем $S=0,02$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (16)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 30 [4, с.279]: $T=8$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 3,5$; $q = 0,5$; $m = 0,12$; $y = 0,5$ – определены по таблице 28 [4, с.278].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}, \quad (17)$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^{0,9} = 1,22.$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 20Х13 берем из таблицы 2 [4, с.262]: $K_{\Gamma} = 1,0$, $n_v = 0,9$.

По таблице 6 [4, с.263] $K_{IV} = 1,0$.

По табл. 31 [4, с.280]: $K_{IV} = 1,0$.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,22 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,22.$$

Скорость резания, формула (16):

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{3,5 \cdot 4^{0,5}}{8^{0,12} \cdot 0,02^{0,5}} \cdot 1,22 = 47,66 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 47,66}{3,14 \cdot 4} = 3794 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 3794}{1000} = 47,65 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P. \quad (18)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,041$; $q = 2,0$; $y = 0,7$ – определены по таблице 32 [4, с. 281].

Коэффициент $K_P = K_{MP} = 0,85$

Крутящий момент, формула (18):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,041 \cdot 4^2 \cdot 0,02^{0,7} \cdot 0,85 = 0,36 \text{ Н·м.}$$

7. Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (19)$$

Значения коэффициентов: $C_P = 143$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по таблице 32 [4, с.281].

Осевая сила по формуле (19):

$$P_o = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 143 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,02^{0,7} \cdot 0,85 = 311,16 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{M_{KP} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{0,36 \cdot 2500}{9750} = 0,19 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 11 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 2

Переход №1: Подрезка торца в размер $A_{21}=253,785$ мм.

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 184] – Т15К6.

Геометрические элементы лезвия четырехгранной пластинки:

$$\varphi = 45^\circ; \varphi_1 = 45^\circ.$$

1. Глубина резания: $t = Z^C = 0,53$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.358]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}. \quad (10)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 20х13 берем из таблицы 2 [4, с.359]:

$$K_r = 0,85, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{740}\right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{740}\right)^1 = 0,86.$$

$$K_{MV} = 0,86; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,9.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 0,53^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 307,4 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 243}{3,14 \cdot 33} = 2345 \text{ об / мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 2500}{1000} = 259,1 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 0,53 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{740}{750}\right)^{0,75} = 0,98.$$

$$K_{MP} = 0,98; \quad K_{фP} = 1; \quad K_{\gamma P} = 1,0; \quad K_{\lambda P} = 1,0; \quad K_{rP} = 0,82.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,53^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 259,1^0 \cdot 0,8 = 432,5 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{432,5 \cdot 259,1}{1020 \cdot 60} = 1,83 \text{ кВт}.$$

2. Мощность привода главного движения:

КПД привода примем $\eta = 0,75$.

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,83}{0,75} = 2,44 (\text{кВт}).$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$2,44 \leq 11 \text{ кВт}$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

Токарная операция 3

Переход №1: Точить поверхность в размер $D_{з1}=30,64$.

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 184] – Т15К6.

Геометрические элементы лезвия четырехгранной пластинки:

$$\varphi = 45^\circ; \varphi_1 = 45^\circ.$$

1. Глубина резания: $t = Z^C = 2,36$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (9)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.358]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (10)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 20х13 берем из таблицы 2 [4, с.359]:

$$K_{\Gamma} = 0,85, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{740} \right)^{n_v} = 0,85 \cdot \left(\frac{750}{740} \right)^1 = 0,86.$$

$$K_{MV} = 0,86; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ИВ} = 1,9.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 2,36^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 243 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 243}{3,14 \cdot 30,64} = 2525 \text{ об / мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,64 \cdot 2500}{1000} = 240,5 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 2,36 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{740}{750} \right)^{0,75} = 0,98.$$

$$K_{MP} = 0,98; K_{\phi P} = 1; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,82.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 204 \cdot 2,36^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 240,5^0 \cdot 0,8 = 1925 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1925 \cdot 240,5}{1020 \cdot 60} = 7,56 \text{ кВт.}$$

3. Мощность привода главного движения:

КПД привода примем $\eta = 0,75$.

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{7,56}{0,75} = 10,08 (\text{кВт}).$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$10,08 \leq 11 \text{ кВт}$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

Переход №2: Точить поверхность в размер $D_{32}=25,72$ мм.

Разделим припуск на обработку данной поверхности на 3 прохода. Тогда глубина резания на проход будет равна 1,64 мм.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,64$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_V = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

По табл. 1, 5, 6 [4, с.358]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (10)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 20х13 берем из таблицы 2 [4, с.359]:

$$K_{\Gamma} = 0,85, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{740} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{740} \right)^1 = 0,86.$$

$$K_{MV} = 0,86; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ИВ} = 1,9.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

3. Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 1,64^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 249 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 249}{3,14 \cdot 25,72} = 2999 \text{ об/мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,72 \cdot 2500}{1000} = 207,5 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 1,64 \text{ мм.}$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{IP} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,64^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 207,5^0 \cdot 0,8 = 1713 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1713 \cdot 207,5}{1020 \cdot 60} = 5,80 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

КПД привода примем $\eta = 0,75$.

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{5,80}{0,75} = 7,74(\text{кВт}).$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$7,74 \leq 11 \text{ кВт}$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

Переход №3: Точить поверхность в размер $D_{зз}=18$ мм.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 0,72$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_V = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

3. Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 0,72^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 291 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 291}{3,14 \cdot 18} = 3603,2 \text{ об/мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 2500}{1000} = 201,9 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,72^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 201,9^0 \cdot 0,8 = 587,5 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{587,5 \cdot 201,9}{1020 \cdot 60} = 1,93 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,93}{0,75} = 2,58 \text{ (кВт)}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$2,58 \leq 11 \text{ кВт}$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

Переход №4: Точить поверхность в размер $D_{34}=8$ мм.

Разделим припуск на обработку данной поверхности на 4 прохода с глубиной резания 2мм.

Чтобы определить режимы резания разделим напуск на 4 прохода по 1,75 мм каждый.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 2$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_V = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

3. Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 256 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 256}{3.14 \cdot 8} = 4355,1 \text{ об / мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 8 \cdot 2500}{1000} = 146,9 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,75^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 146,9^0 \cdot 0,8 = 1428 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1428 \cdot 146,9}{1020 \cdot 60} = 3,42 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,42}{0,75} = 4,56 \text{ (кВт)}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$4,5 \leq 11 \text{ кВт}$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

Переход №5: Точить фаску в размер $A_{35}=1,29$ мм.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

3. Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 276 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 276}{3,14 \cdot 25,72} = 3417 \text{ об / мин.}$$

Фактическое число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,72 \cdot 2500}{1000} = 201,9 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 201,9^0 \cdot 0,8 = 587,5 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{587,5 \cdot 201,9}{1020 \cdot 60} = 1,93 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,93}{0,75} = 2,5 (\text{кВт}).$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$2,5 \leq 11 \text{ кВт.}$$

Переход №6: Нарезать резьбу М8-6g

1. Подача: $s = P = 1,5$ мм/об, где P – шаг резьбы

2. Скорость резания при нарезании крепёжной резьбы резцами с пластинами из твердого сплава определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (13)$$

Где i – число рабочих ходов – определены по таблице 114 [4, с.428]

Период стойкости инструмента принимаем: $T=90$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 244$; $m = 0,2$; $x = 0,23$; $y = 0,30$ – определены по таблице 118 [4, с.430].

Коэффициент K_v определяем по формуле:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV}, \quad (14)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{CV} – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Определяются по табл. 1, 5, 6 [4, с.358]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{740} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{740} \right)^1 = 0,86.$$

$$K_{MV} = 0,86; \quad K_{CV} = 1; \quad K_{IV} = 1,9.$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV} = 0,86 \cdot 1 \cdot 1,9 = 1,63.$$

Скорость резания, формула (13):

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 5^{0,23}}{90^{0,2} \cdot 1,5^{0,3}} \cdot 1,63 = 259,6 \text{ м / мин.}$$

3. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 259,6}{3,14 \cdot 8} = 10334 \text{ об / мин.}$$

Принимаем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

4. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 2500}{1000} = 62,8 \text{ м / мин.}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = \frac{10 C_p P^y}{i^n} K_p, \quad (15)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 148$; $y = 1,7$; $n=1,71$ – определены по таблице 120 [4, с.433].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 0,98$.

Главная составляющая силы резания, формула (15):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y}{i^n} \cdot K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1,5^{1,7}}{5^{0,71}} \cdot 0,98 = 922 \text{ Н}$$

6. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{922 \cdot 62,8}{1020 \cdot 60} = 0,94 \text{ кВт.}$$

7. Мощность привода главного движения:

КПД привода примем $\eta = 0,75$.

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,94}{0,75} = 1,25 (\text{кВт}).$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$1,25 \leq 11 \text{ кВт}$$

Токарная операция 4

Переход №1: Точить поверхность в размер $D_{41}=25,72$.

Разделим припуск на обработку данной поверхности на 4 прохода с глубиной резания 1,82 мм.

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 184] – Т15К6.

Геометрические элементы лезвия четырехгранной пластинки:

$$\varphi = 45^\circ; \quad \varphi_1 = 45^\circ.$$

Разобьем припуск на обработку данной поверхности на 4 прохода с глубиной резания 1,82 мм.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,82 \text{ мм.}$

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.358]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}. \quad (10)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 20х13 берем из таблицы 2 [4, с.359]:

$$K_{\Gamma} = 0,85, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{740} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{740} \right)^1 = 0,86.$$

$$K_{MV} = 0,86; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ИВ} = 1,9.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 1,82^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 249 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 249}{3,14 \cdot 25,72} = 2970 \text{ об / мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 26,7 \cdot 2500}{1000} = 209,6 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$ $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 2,1$ мм.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{740}{750} \right)^{0,75} = 0,98.$$

$$K_{MP} = 0,98; K_{\phi P} = 1; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,82.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,82^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 209,6^0 \cdot 0,8 = 1713,6 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1713,6 \cdot 249}{1020 \cdot 60} = 6,97 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

КПД привода примем $\eta = 0,75$.

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{6,97}{0,75} = 9,29 (\text{кВт}).$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$9,29 \leq 11 \text{ кВт}$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

Переход №2: Точить поверхность в размер $D_{42}=24,5$ мм.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,22$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_V = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

3. Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 1,22^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 279 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 279}{3,14 \cdot 24,5} = 3454 \text{ об/мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 24,5 \cdot 2500}{1000} = 201,9 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,98^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 201,9^0 \cdot 0,8 = 799,7 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{799,7 \cdot 201,9}{1020 \cdot 60} = 2,63 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,63}{0,75} = 3,51(\text{кВт}).$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$3,51 \leq 11 \text{ кВт}$$

Переход №3: Точить фаску в размер $A_{44}=1,29$ мм.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_V = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.368].

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

3. Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 276 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 276}{3,14 \cdot 25,72} = 3417 \text{ об / мин.}$$

Фактическое число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,72 \cdot 2500}{1000} = 201,9 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n=0$ – определены по таблице 22 [4, с.372].

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,8.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 201,9^0 \cdot 0,8 = 587,5 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{587,5 \cdot 201,9}{1020 \cdot 60} = 1,93 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,93}{0,75} = 2,5 (\text{кВт}).$$

Проверка по мощности:

$$N_{np} \leq N_{ст}$$

$$2,5 \leq 11 \text{ кВт.}$$

Фрезерная операция 5

Переход №1: Фрезеровать паз в размер A₅₂=25 мм.

Вид инструмента: концевая фреза.

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 8 \text{ мм.}$$

$$B = 4 \text{ мм}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 75 [4, с.403]:

$$S_z = 0,13 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (20)$$

Период стойкости инструмента определяем по таблице 82 [4, с.411]:

$$T = 120 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов: C_v = 690; q = 0,2; x = 0,3; m = 0,35; y = 0,4; u = 0,1;

p = 0

Общий поправочный коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

Скорость резания, формула (20):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{690 \cdot 30^{0,2}}{120^{0,35} \cdot 8^{0,3} \cdot 0,13^{0,4} \cdot 8^{0,1} \cdot 8^0} \cdot 1,47 = 390,9 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 390,9}{3,14 \cdot 30} = 4149 \text{ об / мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 2240 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 2240}{1000} = 211 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_{\text{м}} = S_z \cdot z \cdot n_{\text{ст}} = 0,13 \cdot 8 \cdot 2240 = 2329,6 \text{ мм / об.}$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} \quad (21)$$

Значения коэффициентов определяются по таблице 83 [4, с.412] : $C_p = 261$;
 $x = 0,9$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0,1$.

По таблице 9, 23 [4, с.362]:

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{740}{750} \right)^{0,75} = 0,98.$$

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} = \frac{10 \cdot 261 \cdot 8^{0,9} \cdot 0,13^{0,8} \cdot 8^{1,1} \cdot 8}{30^{1,1} \cdot 2240^{0,1}} = 1492 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{1492 \cdot 30}{200} = 223,8 \text{ Н.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{598 \cdot 251,2}{1020 \cdot 60} = 2,46 \text{ кВт.}$$

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{1492 \cdot 211}{1020 \cdot 60} = 5,14 \text{ кВт.}$$

Переход №2: Фрезеровать паз в размер $A_{53}=35$ мм.

Вид инструмента: концевая фреза.

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t=6 \text{ мм.}$$

$$B=4 \text{ мм}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 75 [4, с.403]:

$$S_z = 0,13 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (20)$$

Период стойкости инструмента определяем по таблице 82 [4, с.411]:

$$T=120 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 690$; $q = 0,2$; $x = 0,3$; $m = 0,35$; $y = 0,4$; $u = 0,1$;

$$p = 0$$

Общий поправочный коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,47.$$

Скорость резания, формула (20):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{690 \cdot 25^{0,2}}{120^{0,35} \cdot 6^{0,3} \cdot 0,13^{0,4} \cdot 8^{0,1} \cdot 8^0} \cdot 1,47 = 443,5 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 443,5}{3,14 \cdot 25} = 5649 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 2240 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 2240}{1000} = 175,8 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_{\text{ст}} = 0,13 \cdot 8 \cdot 2240 = 2329,6 \text{ мм/об.}$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (21)$$

Значения коэффициентов определяются по таблице 83 [4, с.412] : $C_p = 261$;
 $x = 0,9$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0,1$.

По таблице 9, 23 [4, с.362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{740}{750} \right)^{0,75} = 0,98.$$

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 261 \cdot 6^{0,9} \cdot 0,13^{0,8} \cdot 8^{1,1} \cdot 8}{25^{1,1} \cdot 2240^{0,1}} = 1532 \text{ Н}.$$

8. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{1492 \cdot 30}{200} = 229,8 \text{ Н}.$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{1532 \cdot 175,8}{1020 \cdot 60} = 4,4 \text{ кВт}.$$

Мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции

Кругло шлифовальная операция 6

Переход №1: Шлифовать поверхность в размер $D_{61}=25_{(-0,020)}$

В качестве инструмента примем шлифовальный круг с шириной $B=10$ мм.
 Определим основные параметры резания по таблице 130 [4, с.438]:

Скорость круга: $V_K=35$ м/с,

Скорость заготовки: $V_3 = 25$ м/мин,

Глубина шлифования: $t=0,015$ мм,

Продольная подача: $S=0,3 \cdot B=0,25 \cdot 10=2,5$ мм/об.

Эффективную мощность рассчитаем по формуле ():

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \quad ()$$

где d – диаметр шлифования.

Значение коэффициента C_N и показателей степени возьмем из таблицы 131 [4, с.441]

$C_N=1,3$, $r=0,75$, $x=0,85$, $y=0,7$, $q=0,2$.

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,015^{0,85} \cdot 2,5^{0,7} \cdot 25^{0,2} = 1,1 \text{ кВт}.$$

Мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции

Переход №2: Шлифовать поверхность в размер $D_{62}=30_{(-0,020)}$

В качестве инструмента примем шлифовальный круг с шириной $B=10$ мм. Определим основные параметры резания по таблице 130 [4, с.438]:

Скорость круга: $V_K=35$ м/с,

Скорость заготовки: $V_3 = 25$ м/мин,

Глубина шлифования: $t=0,015$ мм,

Продольная подача: $S=0,3 \cdot B=0,25 \cdot 10=2,5$ мм/ об.

Эффективную мощность рассчитаем по формуле ():

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \quad ()$$

где d – диаметр шлифования.

Значение коэффициента C_N и показателей степени возьмем из таблицы 131 [4, с.441]

$C_N=1,3$, $r=0,75$, $x=0,85$, $y=0,7$, $q=0,2$.

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,015^{0,85} \cdot 2,5^{0,7} \cdot 30^{0,2} = 1,1 \text{ кВт}.$$

Мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции

Переход №3: Шлифовать поверхность в размер $D_{62}=25_{(-0,020)}$

В качестве инструмента примем шлифовальный круг с шириной $B=10$ мм. Определим основные параметры резания по таблице 130 [4, с.438]:

Скорость круга: $V_K=35$ м/с,

Скорость заготовки: $V_3 = 25$ м/мин,

Глубина шлифования: $t=0,015$ мм,

Продольная подача: $S=0,3 \cdot B=0,25 \cdot 10=2,5$ мм/ об.

Эффективную мощность рассчитаем по формуле ():

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \quad ()$$

где d – диаметр шлифования.

Значение коэффициента C_N и показателей степени возьмем из таблицы 131 [4, с.441]

$C_N=1,3$, $r=0,75$, $x=0,85$, $y=0,7$, $q=0,2$.

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,015^{0,85} \cdot 2,5^{0,7} \cdot 25^{0,2} = 1,1 \text{ кВт}.$$

Мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ ВРЕМЕНИ

Сначала произведем расчет основного времени. Основное время – это время, затрачиваемое непосредственно на процесс изменения формы и размеров заготовки и получение поверхности с требуемой шероховатостью.

Определение норм основного времени.

Первым рассчитаем основное время, которое определяется по формуле (1):

$$t_0 = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m};$$

где l - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вр}$ - длина врезания инструмента в заготовку, мм;

$l_{пер}$ - длина перебега инструмента, мм;

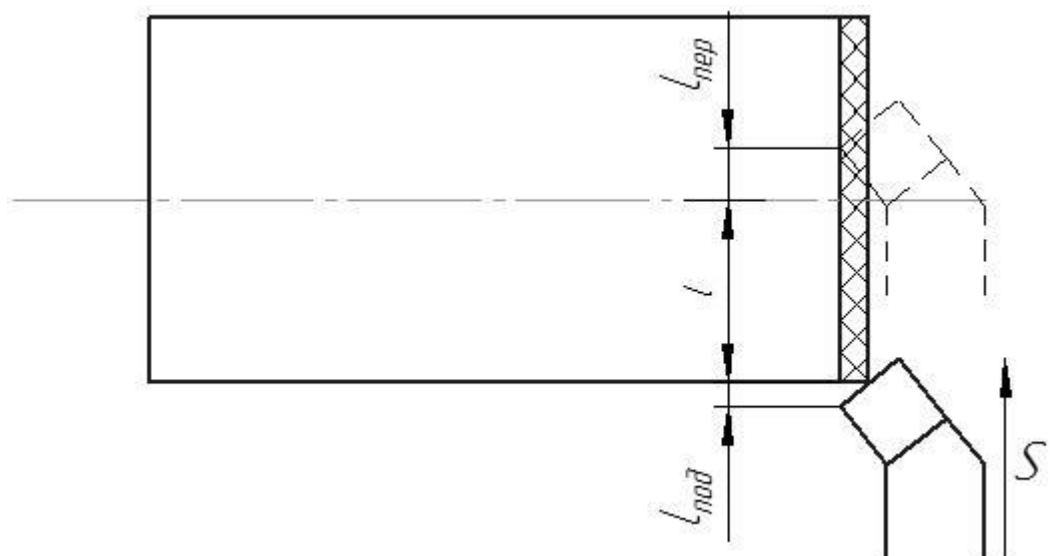
$l_{подв}$ - длина подвода инструмента к заготовке, мм ($1 \div 3$ мм);

i - число рабочих ходов;

S_m - минутная подача, мм/мин. $S_m = S \cdot n_{ст}$

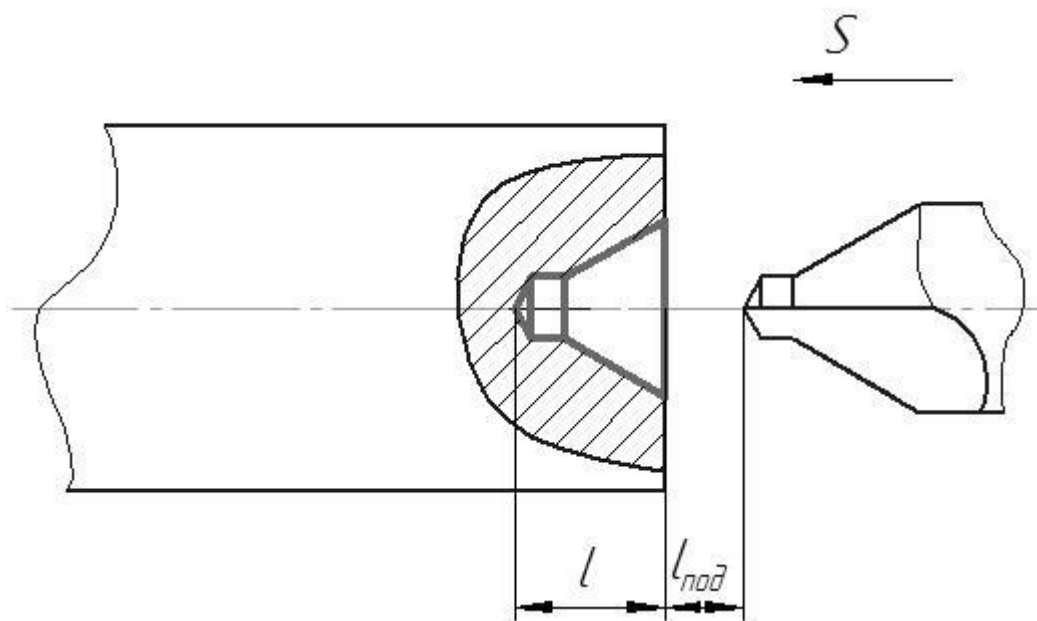
Токарная операция 1

Переход №1: Точить торец.



$$t_0 = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(16,5 + 0 + 1 + 3) \cdot 1}{0,4 \cdot 2500} = 0,0205(\text{мин});$$

Переход №2 Сверлить центровое отверстие.

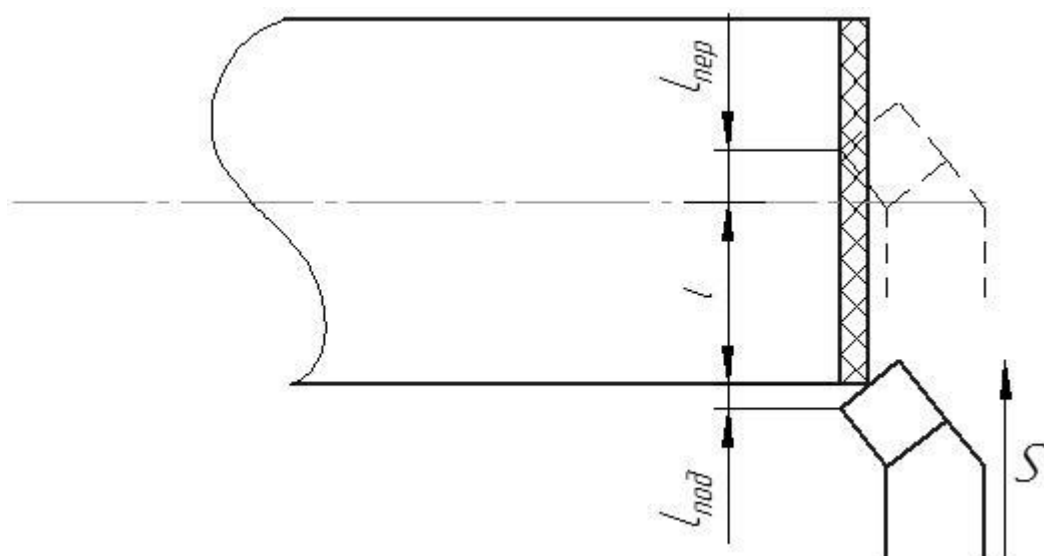


$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подс}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(8,9 + 0 + 0 + 3) \cdot 1}{0,02 \cdot 2500} = 0,238(\text{мин});$$

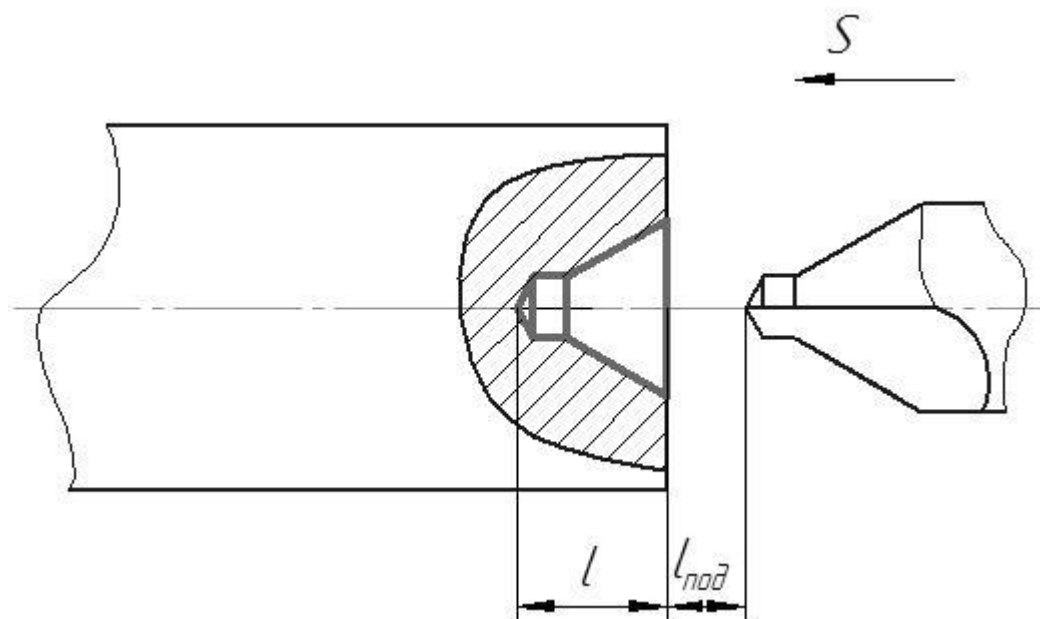
Токарная операция 2

Переход №1: Точить торец.

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подс}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(16,5 + 0 + 1 + 3) \cdot 1}{0,4 \cdot 2500} = 0,0205(\text{мин});$$



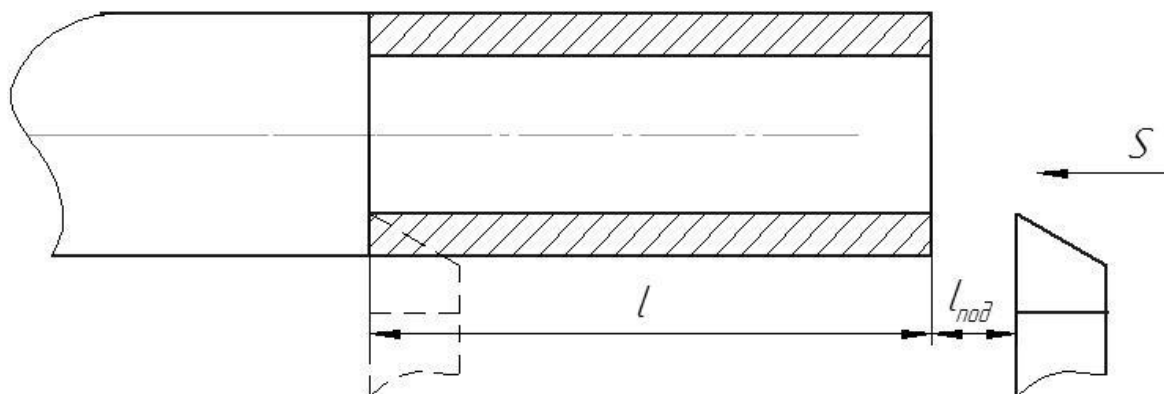
Переход №2 Сверлить центровое отверстие.



$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{неп}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(8,9 + 0 + 0 + 3) \cdot 1}{0,02 \cdot 2500} = 0,238(\text{мин});$$

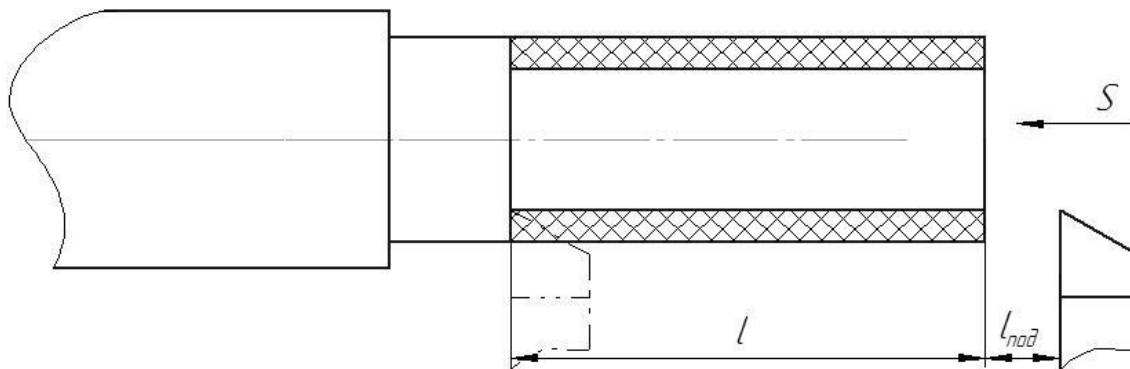
Токарная операция 3

Переход №1: Точить поверхность.



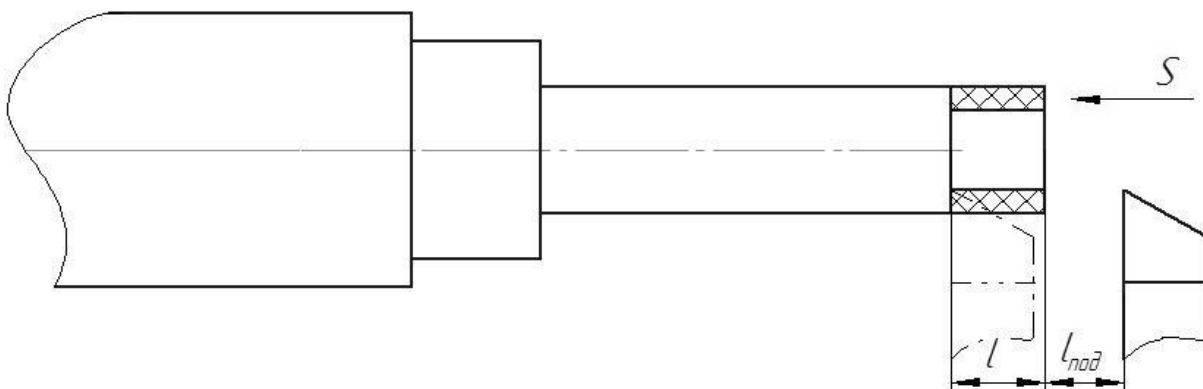
$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{неп}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(140 + 0 + 0 + 3) \cdot 1}{0,4 \cdot 2500} = 0,144(\text{мин});$$

Переход №2: Точить поверхность.



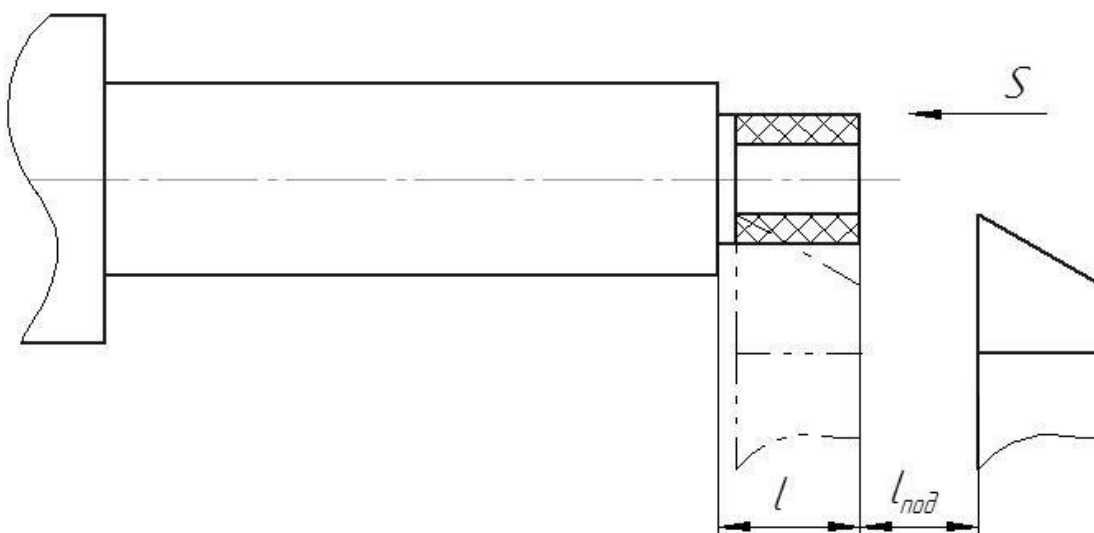
$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{неп}} + l_{\text{под}} + l_{\text{подс}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(88 + 0 + 1 + 3) \cdot 2}{0,4 \cdot 2500} = 0,184(\text{мин});$$

Переход №3: Точить поверхность.



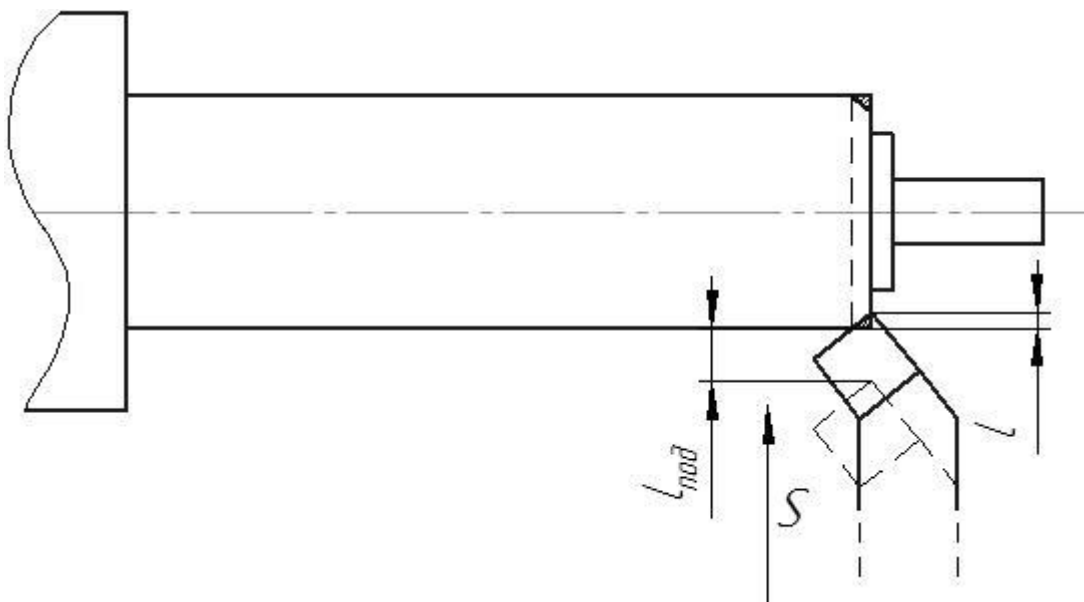
$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{неп}} + l_{\text{под}} + l_{\text{подс}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(12 + 0 + 0 + 3) \cdot 4}{0,4 \cdot 2500} = 0,064(\text{мин});$$

Переход №4: Точить поверхность.



$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{неп}} + l_{\text{под}} + l_{\text{подс}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(11 + 0 + 0 + 3) \cdot 4}{0,4 \cdot 2500} = 0,06(\text{мин});$$

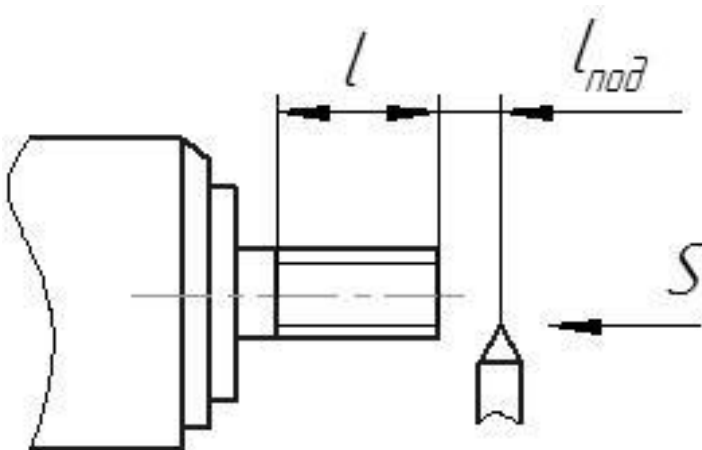
Переход №5: Точить фаску.



$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{неп}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1,29 + 0 + 0 + 3) \cdot 1}{0,4 \cdot 2500} = 0,005(\text{мин});$$

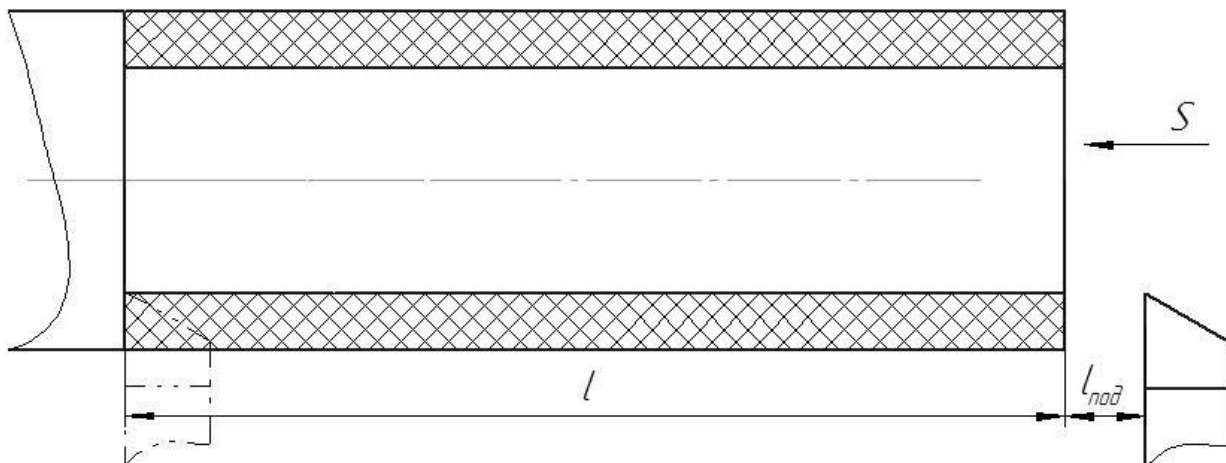
Переход №6: Нарезать резьбу.

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{неп}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(7 + 0 + 0 + 3) \cdot 1}{1,5 \cdot 2500} = 0,003(\text{мин});$$



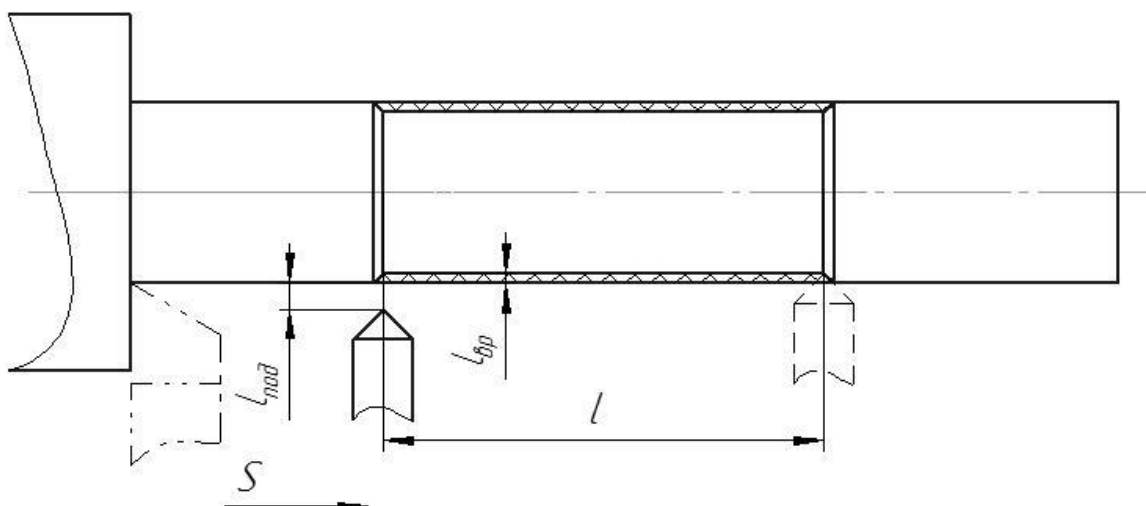
Токарная операция 4

Переход №1: Точить поверхность.



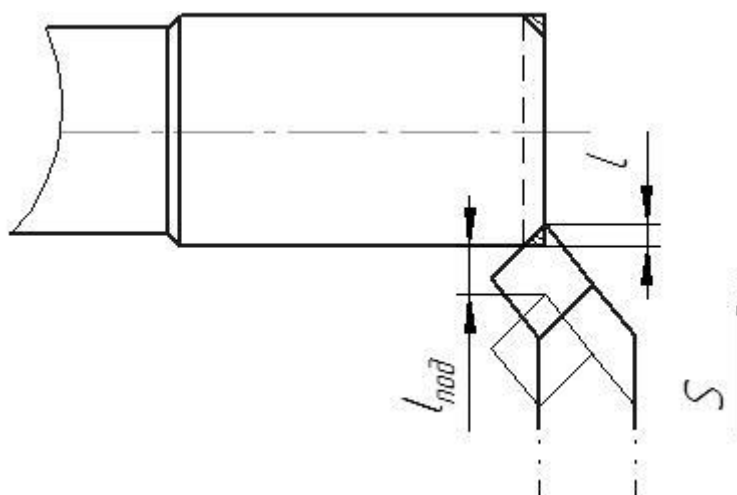
$$t_0 = \frac{(l + l_{ep} + l_{nep} + l_{нодс}) \cdot i}{S_m} = \frac{(26,7 + 0 + 0 + 3) \cdot 3}{0,4 \cdot 2500} = 0,092(\text{мин});$$

Переход №2: Точить поверхность.



$$t_0 = \frac{(l + l_{ep} + l_{nep} + l_{нодс}) \cdot i}{S_m} = \frac{(25,72 + 0,5 + 0 + 3) \cdot 1}{0,4 \cdot 2500} = 0,029(\text{мин});$$

Переход №3: Точить фаску.

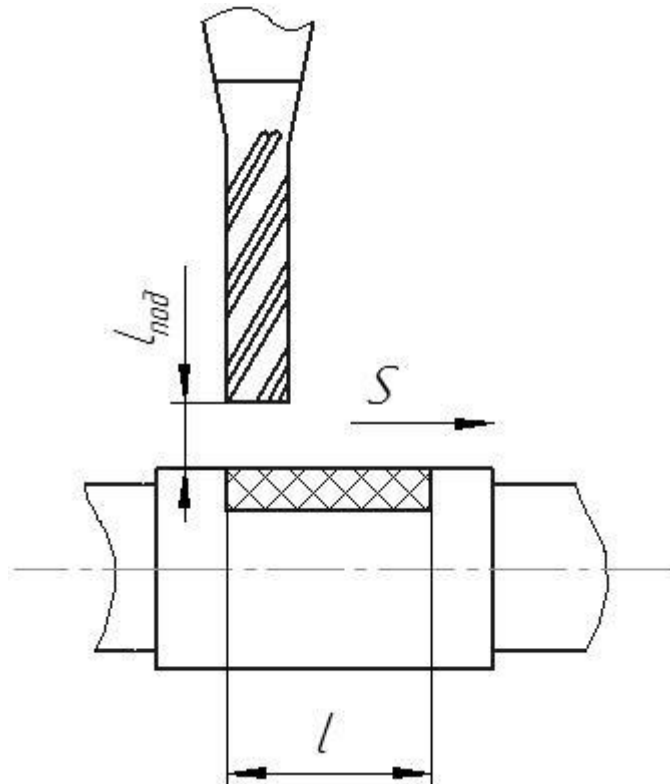


$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1,29 + 0 + 0 + 3) \cdot 1}{0,4 \cdot 2500} = 0,005(\text{мин});$$

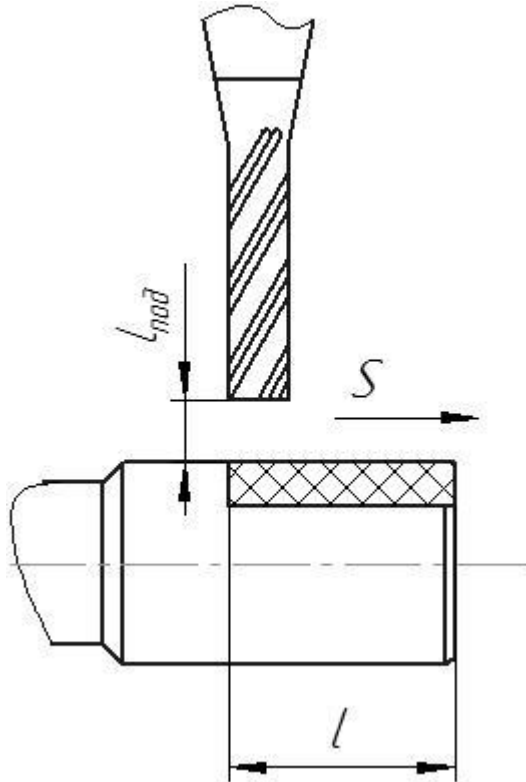
Фрезерная операция 5

Переход №1: Фрезеровать паз.

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(25 + 0 + 0 + 3) \cdot 1}{0,13 \cdot 2240} = 0,096(\text{мин});$$



Переход №2: Фрезеровать паз.



$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{неп}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(35 + 0 + 0 + 3) \cdot 1}{0,13 \cdot 2240} = 0,013(\text{мин});$$

Кругло шлифовальная операция 6

Переход №1: Шлифовать поверхность

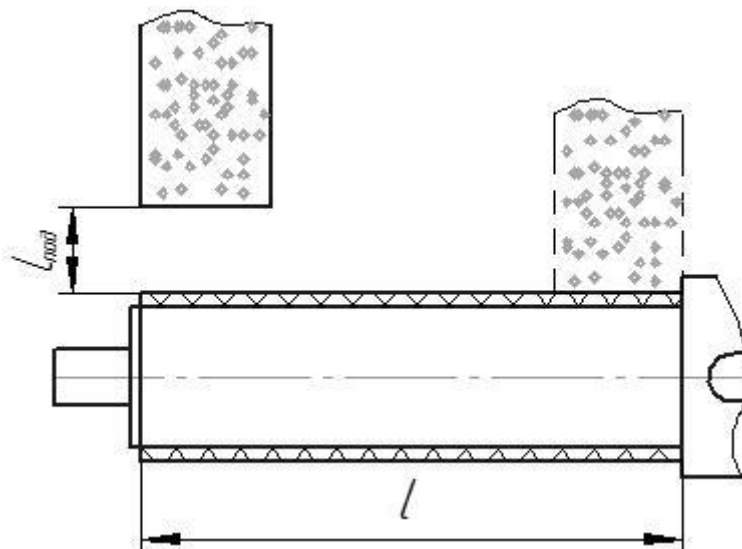
Основное время шлифовальной операции рассчитаем из следующей формулы:

$$t_0 = \frac{h \cdot k}{s \cdot n};$$

,где k- коэффициент, учитывающий износ круга (k=2,3);

h-припуск на сторону.

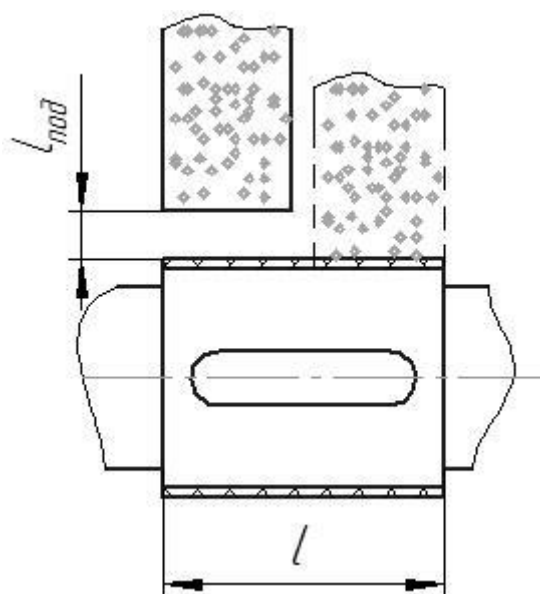
$$t_0 = \frac{h \cdot k}{s \cdot n} = \frac{0,36 \cdot 2,3}{0,25 \cdot 140} = 0,02 \text{ мин};$$



Переход №2: Шлифовать поверхность

Основное время шлифовальной операции рассчитаем из следующей

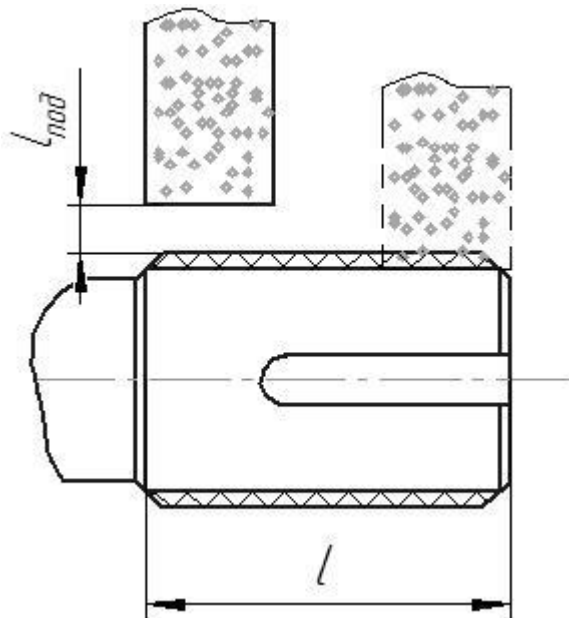
$$t_0 = \frac{h \cdot k}{s \cdot n} = \frac{0,32 \cdot 2,3}{0,25 \cdot 140} = 0,02 \text{ мин};$$



Переход №3: Шлифовать поверхность

Основное время шлифовальной операции рассчитаем из следующей

$$t_0 = \frac{h \cdot k}{s \cdot n} = \frac{0,36 \cdot 2,3}{0,25 \cdot 140} = 0,02 \text{ мин};$$



Определение норм вспомогательного времени

Для определения норм вспомогательного времени воспользуемся справочником [5].

Вспомогательное время складывается из времени на установку/снятие детали $t_{уст}$, времени на управления станком $t_{упр}$, времени на перемещения частей станка $t_{пер}$ и времени на измерения $t_{изм}$:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм}.$$

Токарная операция 1:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм} = 0,55 + 0,2 + 0,5 + 0,18 = 1,43 \text{ мин};$$

Токарная операция 2:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм} = 0,55 + 0,2 + 0,5 + 0,18 = 1,43 \text{ мин};$$

Токарная операция 3:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм} = 1,1 + 0,2 + 0,5 + 0,18 = 1,98 \text{ мин};$$

Токарная операция 4:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{унр} + t_{пер} + t_{изм} = 0,55 + 0,2 + 0,5 + 0,18 = 1,43 \text{ мин};$$

Фрезерная операция 5:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{унр} + t_{пер} + t_{изм} = 0,37 + 0,6 + 0,4 + 0,22 = 1,59 \text{ мин};$$

Кругло шлифовальная операция 6:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{унр} + t_{пер} + t_{изм} = 0,55 + 0,1 + 0,5 + 0,2 = 1,35 \text{ мин};$$

Определение штучно-калькуляционного времени

Штучно-калькуляционное время операции определяется как:

$$t_{шт.к.} = t_{шт.} + \frac{t_{пз}}{N},$$

где $t_{шт}$ - штучное время, мин;

$t_{пз}$ - подготовительно заключительное время, мин;

N - число деталей в партии, шт.

Штучное время определим как:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{оо} + t_{то} + t_{пер},$$

где $t_{оо}$ - время на организационное обслуживание, мин;

$t_{то}$ - время на техническое обслуживание, мин;

$t_{пер}$ - время перерывов, мин.

Время на организационное обслуживание расходуется на пуск и разогрев станков в начале смены, уборку и смазку станков в конце смены.

Под временем на техническое обслуживание подразумевается наладка станка, смена затупившегося инструмента и уборка стружки.

Время перерывов расходуется на отдых и личные надобности.

Оперативное время рассчитывают по формуле:

$$t_{оп} = \sum t_o + t_{всп}.$$

Найдем оперативное время для каждой операции:

$$t_{он}^1 = \sum t_o + t_{всп} = 0,0205 + 0,238 + 1,43 = 1,69 \text{ мин};$$

$$t_{он}^2 = \sum t_o + t_{всп} = 0,0205 + 0,238 + 1,43 = 1,69 \text{ мин};$$

$$t_{он}^3 = \sum t_o + t_{всп} = 0,144 + 0,184 + 0,064 + 0,06 + 0,05 + 0,003 + 1,98 = 2,48 \text{ мин};$$

$$t_{он}^4 = \sum t_o + t_{всп} = 0,092 + 0,029 + 0,005 + 1,43 = 1,55 \text{ мин};$$

$$t_{он}^5 = \sum t_o + t_{всп} = 0,096 + 0,013 + 1,59 = 1,69 \text{ мин};$$

$$t_{он}^6 = \sum t_o + t_{всп} = 0,02 + 0,02 + 0,02 + 1,35 = 1,41 \text{ мин};$$

Время перерывов, организационного и технического обслуживания обычно принимается в процентном отношении к оперативному времени. Для среднесерийного производства эта величина составляет 3..5%.

В таком случае формула расчета штучного времени принимает вид:

$$t_{шт.} = t_{оп} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп},$$

здесь α - процент времени на техническое обслуживание;

β - процент времени на организационное обслуживание;

γ - процент времени перерывов.

Принимаем время перерывов: $\gamma = 4\%$, время на организационное и техническое обслуживание $\alpha + \beta = 8\%$.

Тогда штучное время по формуле определим как:

$$t_{шт.}^1 = t_{оп} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп} = (1,69 \cdot 0,12) + 1,69 = 1,89 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^2 = t_{оп} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп} = (1,69 \cdot 0,12) + 1,69 = 1,89 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^3 = t_{оп} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп} = (2,48 \cdot 0,12) + 2,48 = 2,77 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^4 = t_{оп} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп} = (1,55 \cdot 0,12) + 1,55 = 1,73 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^5 = t_{оп} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп} = (1,69 \cdot 0,12) + 1,69 = 1,89 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^6 = t_{оп} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп} = (1,41 \cdot 0,12) + 1,41 = 1,58 \text{ мин};$$

Величину подготовительно-заключительного времени для каждой операции определяем на основании рекомендаций:

$$t_{пз}^1 = 23 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^1 = t_{пз}^2 = t_{пз}^3 = t_{пз}^4 = 23 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^5 = 14 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^6 = 14 \text{ мин};$$

Тогда величину штучно-калькуляционного времени по формуле определим как:

$$t_{шт.к.}^1 = t_{шт.}^1 + \frac{t_{пз}^1}{N} = 1,89 + \frac{23}{5000} = 1,85 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^2 = t_{шт.}^2 + \frac{t_{пз}^2}{N} = 1,89 + \frac{23}{5000} = 1,85 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^3 = t_{шт.}^3 + \frac{t_{пз}^3}{N} = 2,71 + \frac{23}{5000} = 2,72 \text{ мин};$$

$$t_{um.к.}^4 = t_{um.}^4 + \frac{t_{n3}^4}{N} = 1,73 + \frac{23}{5000} = 1,74 \text{ мин};$$

$$t_{um.к.}^5 = t_{um.}^5 + \frac{t_{n3}^5}{N} = 1,89 + \frac{14}{5000} = 1,89 \text{ мин}; t_{um.к.}^6 = t_{um.}^6 + \frac{t_{n3}^6}{N} = 1,58 + \frac{14}{5000} = 1,58 \text{ мин};$$

КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

В процессе механической обработки детали «вал» фрезеруются два шпоночных паза на вертикально-фрезерном станке. Необходимо спроектировать приспособление, которое обеспечивало точность полученных размеров и в то же время было наиболее простым и надёжным в эксплуатации.

На рисунке 1 представлен чертёж приспособления для фрезерования шпоночного паза.

Деталь 1 устанавливается в призмы 2. Призмы установлены в плите основания 3 таким образом, что расстояния между ними позволяло установить деталь на нужные нам базовые поверхности. После установки детали в призмы, через силовой агрегат по шлангам 4 подаётся воздух, который, в свою очередь, поступает через выточки 5 в пневмо-цилиндр 6, заставляя перемещаться шток 7. Шток соединен при помощи болта 8 и гайки 9 к зажиму 10. Таким образом создаётся необходимое усилие для прижима детали к призмам. Рабочий объем цилиндра подобран таким образом, чтобы при нижнем положении штока рабочий мог свободно устанавливать и снимать деталь из приспособления.

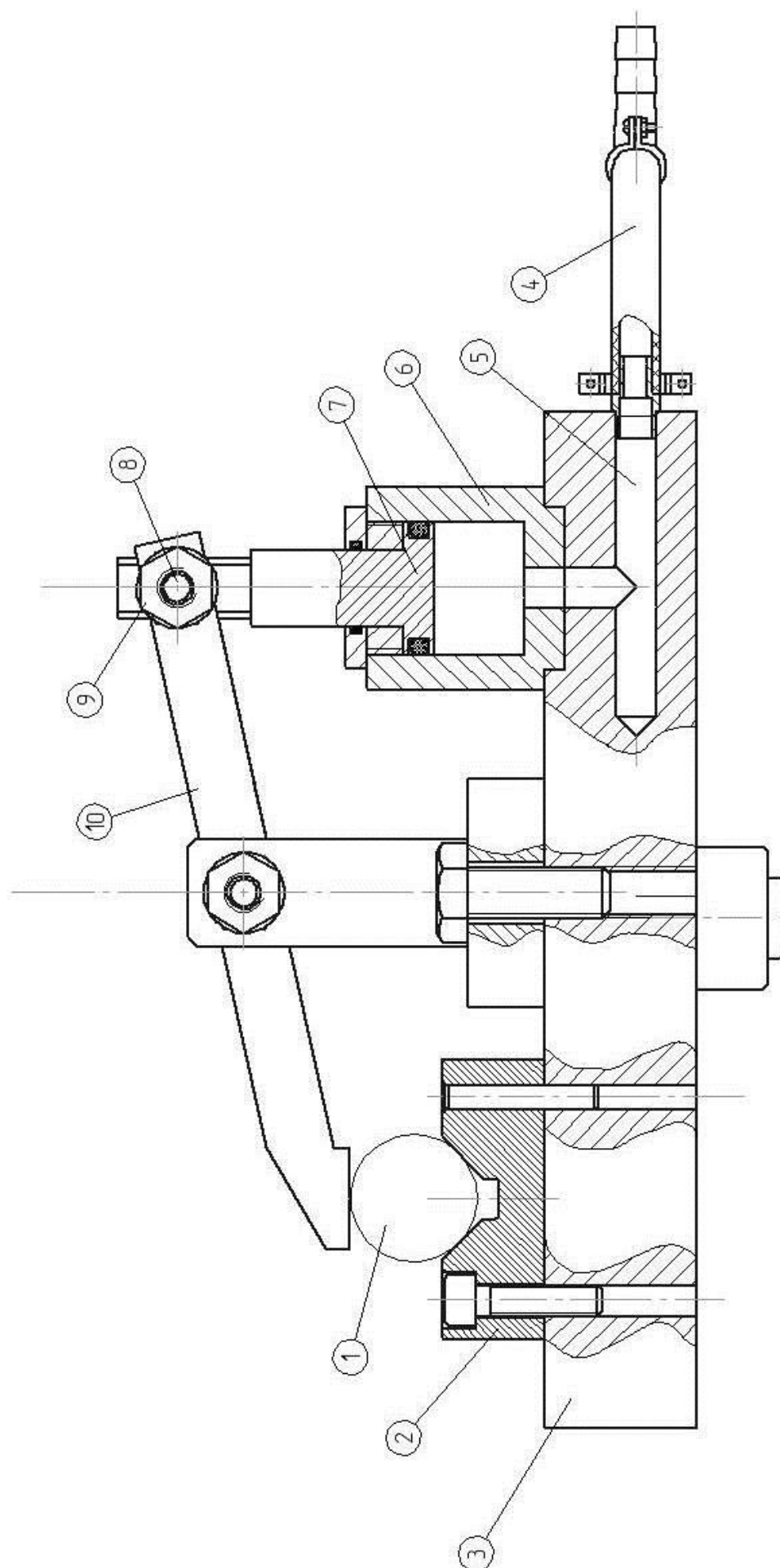


Рис. 1 – Чертеж приспособления для фрезерования шпоночных пазов на валу.

Расчет усилий зажима

В процессе фрезерования шпоночного паза возникают силы, которые стремятся сместить положение заготовки. Сила P_z поворачивает заготовку вокруг оси, а сила P_x смещает ее вдоль этой же оси. Необходимо рассчитать усилие, с которым нужно прижимать заготовку, для предотвращения ее перемещения. Воспользуемся следующей формулой:

$$Q = K \sqrt{Q_1^2 \cdot Q_2^2},$$

Где Q – сила закрепления, Н;

K – коэффициент запаса;

Q_1 – часть силы закрепления, противодействующая повороту заготовки вокруг оси, Н;

Q_2 – часть силы закрепления, противодействующая смещению вдоль оси, Н;

Для обеспечения неподвижности заготовки под действием всех внешних сил составим уравнения равновесия, воспользовавшись рисунком 1:

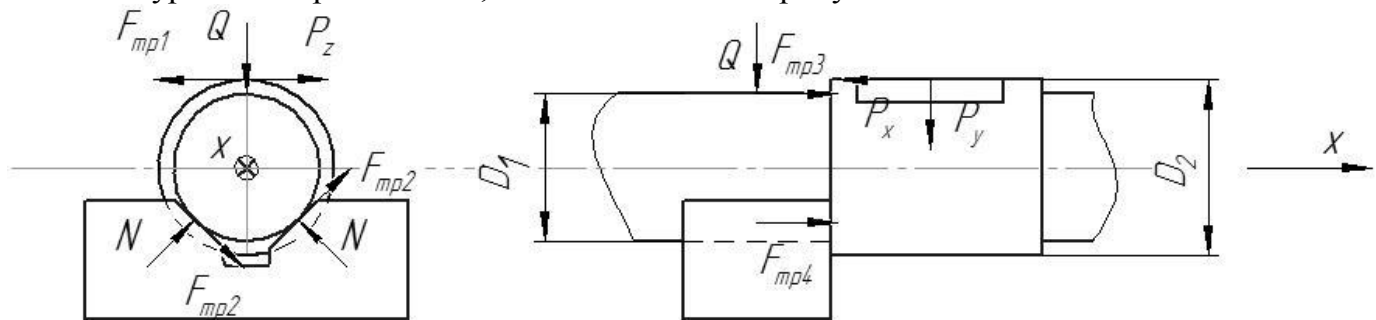


Рис.1.

$$\sum M_{Ox} = P_z \cdot \frac{D_2}{2} - F_{mp1} \cdot \frac{D_2}{2} - 2 \cdot F_{mp2} \cdot \frac{D_1}{2} = 0;$$

$$\sum P_{Ox} = -P_x + F_{mp3} + 2 \cdot F_{mp4} = 0,$$

где:

$$F_{mp1} = Q_1 \cdot f_1; \quad F_{mp2} = \frac{Q_1 \cdot f_2}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}};$$

$$F_{mp3} = Q_2 \cdot f_2; \quad F_{mp4} = \frac{Q_2 \cdot f_2}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}};$$

α – угол призмы.

Подставив значения $F_{тр1}$, $F_{тр2}$, $F_{тр3}$, $F_{тр4}$, в уравнения () и (), получим:

$$\sum M_{Ox} = P_z \cdot \frac{D_2}{2} - \frac{D_2 \cdot Q_1 \cdot f_1}{2} - \frac{D_1 \cdot Q_1 \cdot f_1}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = 0;$$

$$\sum P_{Ox} = -P_x + Q_2 \cdot f_2 + \frac{Q_2 \cdot f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 0,$$

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель раздела – расчет себестоимости и цены изделия, изготавливаемого согласно разработанному технологическому процессу в типовых производственных условиях.

Общие положения

Себестоимость продукции представляет собой интегральную стоимостную оценку используемых при ее изготовлении сырья, материалов, топлива, энергии, трудовых и природных ресурсов, основных средств (оборудование, производственные площади, сооружения), нематериальных активов, а также других затрат на ее производство и реализацию.

При расчете себестоимости используется группировка затрат по статьям калькуляции. Помимо решения комплекса задач технико-экономического анализа и планирования работы предприятия, калькуляция себестоимости единицы продукции необходима для расчета цены и рентабельности продукции. Объектом калькулирования при выполнении ВРК является деталь, изготавливаемая серийно или на однопредметной поточной линии, т. е. в условиях массового производства.

Для промышленных предприятий рекомендуется следующая группировка калькуляционных статей:

1. Сырье и материалы;
2. Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера; (не учитывается, т.к. полуфабрикаты отсутствуют);
3. Возвратные отходы (вычитаются);
4. Топливо и энергия на технологические цели;
5. Основная заработная плата производственных рабочих;
6. Дополнительная заработная плата производственных рабочих;
7. Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды;
8. Расходы на подготовку и освоение производства;
9. Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения;
10. Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования;
11. Общецеховые расходы;
12. Технологические потери;
13. Общехозяйственные расходы;
14. Потери от брака;
15. Прочие производственные расходы;
16. Расходы на реализацию.

В зависимости от полноты охвата данных статей на предприятии рассчитываются следующие виды себестоимости:

- цеховая, включающая статьи с 1-й по 12-ю;
- производственная, включающая статьи с 1-й по 15-ю, т.е. исчисляемая как цеховая с добавлением ряда статей, учитывающих затраты, носящие общезаводской характер;
- полная, включающая все 16 статей.

При выполнении ВКР следует опустить статьи:

- расходы на подготовку и освоение производства, т.к. задание на ВКР не предполагает подготовку нового вида продукции;
- технологические потери, т.к. они не характерны для разрабатываемых процессов;
- потери от брака, т.к. они не учитываются в плановых и нормативных калькуляциях;
- прочие производственные расходы, т.к. они связаны со спецификой производства на конкретных предприятиях.

Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Статья включает стоимость основных материалов, входящих непосредственно в состав изготавливаемого изделия (детали), а также вспомогательных материалов, используемых на технологические цели. Стоимость материалов определяется по нормам их расхода и ценам приобретения с учетом наценок и надбавок на единицу материала в натуральном выражении. Транспортно-заготовительные расходы прибавляются к стоимости сырья, материалов, а также покупных изделий, полуфабрикатов и топлива.

Затраты на основные материалы для каждого (i -го) вида в отдельности рассчитываются по формуле [14]

$$C_{\text{мо}i} = w_i \cdot C_{\text{ми}} \cdot (1 + k_{\text{тз}})$$

где w_i – норма расхода материала i -го вида на изделие (деталь), кг/ед;

$C_{\text{ми}}$ – цена материала i -го вида, ден. ед./кг., $i = 1$;

$k_{\text{тз}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тз}} = 0,06$).

Цена материалов C_i принимается на основе прейскурантной (оптовой) цены, см. прил. 1 [14].

Расчет нормы расходного материала

$$w = 1,89 \text{ кг,}$$

Примем цену материала из каталога [16] $C_{\text{ми}} = 150 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$, с учетом НДС;

Тогда затраты на основной материал будут равны

$$C_{\text{мо}i} = 1,89 \cdot 150 \cdot (1 + 0,06) = 300,51 \text{ руб,}$$

Расчет затрат на вспомогательные материалы каждого (j -го) вида $C_{мвj}$ выполняется по формуле

$$C_{мвi} = H_{мвi} \cdot Ц_{мвi} \cdot (1 + k_{тз}),$$

где $H_{мвj}$ – норма расхода j -го вспомогательного материала на изделие (деталь), кг;

$Ц_{мвj}$ – цена j -го вспомогательного материала, ден. ед./кг.

При отсутствии данных для расчета по формуле можно приближенно принять

$$C_{мв} = C_{мо} \cdot 0,02 = 300,51 \cdot 0,02 = 6,01 \text{ руб.}$$

Полные затраты, включаемые в данную статью, равны сумме

$$C_{м} = C_{мо} + C_{мв} = 300,51 + 6,01 = 306,52 \text{ руб.}$$

Расчет затрат по статье «Покупные комплектующие и полуфабрикаты»

Данная статья не применяется для калькулирования. Разработанный технологический процесс не предусматривает приобретение полуфабрикатов.

Расчет затрат по статье «Возвратные отходы»

Данная статья включает стоимость отходов по цене их реализации на сторону, данная величина исключается из производственной себестоимости продукции. Расчет выполняется по формуле

$$C_{от} = M_{от} \cdot Ц_{от} = (V_{чр} - V_{чст}) \cdot (1 - \beta) \cdot Ц_{от},$$

где $M_{от}$ – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции, кг;

$Ц_{от}$ – цена отходов, руб. Значения взяты из [17] $Ц_{от} = 6,7 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$;

$V_{чр}$ – масса заготовки, кг;

$V_{чст}$ – чистая масса детали, кг;

β – доля безвозвратных потерь (принять 0,02),

И равно:

$$C_{от} = (1,89 - 1,05) \cdot (1 - 0,02) \cdot 6,7 = 5,51 \text{ руб.}$$

Расчет затрат по статье «Топливо и энергия на технологические цели»

На данную статью относится стоимость электроэнергии, затариваемой на технологические цели.

Расчет ведется по формуле

$$C_{тз} = Ц_{тз} \cdot P_{тз} \cdot (1 + k_{тз}),$$

где $Ц_{тз}$ – тариф единицы ресурса, руб;

$P_{тз}$ – расход энергии на единицу продукции, кВт;

$k_{тз}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{тз}=0$);

Расход энергии равен сумме затрачиваемой мощности всех переходов умноженной на штучное время. Данные для расчета потребляемой мощности взяты из раздела «расчеты режимов резания»,

$$P_{\text{тз}} = \frac{3,96 \cdot 1,58}{60} + \frac{4,1 \cdot 2,6}{60} + \frac{8,1 \cdot 0,85}{60} + \frac{4,1 \cdot 7,82}{60} + \frac{1,1 \cdot 9,25}{60} + \frac{0,57 \cdot 8,67}{60} + \frac{8,1 \cdot 0,16}{60} + \frac{1,1 \cdot 1,11}{60} + \frac{0,25 \cdot 0,45}{60} + \frac{0,2 \cdot 2,3}{60} + \frac{0,0011 \cdot 0,22}{60} = 1,23 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

Тариф на электроэнергию взят на сайте [17] $\Pi_{\text{тз}} = 5,33 \text{ руб/кВтч}$;

Тогда

$$C_{\text{тз}} = 5,33 \cdot 1,23 \cdot (1 + 0) = 6,6 \text{ руб},$$

Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих»

В данную статью включаются затраты на оплату труда рабочих, непосредственно связанных с изготовлением продукции. Расчет следует произвести по формуле

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}},$$

где $t_i^{\text{шт.к}}$ – штучное время выполнения i -й операции, мин;

K_0 – количество операций в процессе;

ЧТС_i – часовая тарифная ставка на i -й операции из таблицы [14], для 4го разряда, $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. При проектировании следует принять его равным 1,4.

$$C_{\text{озп}} = \frac{3,37+5,98+10,38+27,46+1,86+1,99}{60} \cdot 82,96 \cdot 1,4 = 98 \text{ руб},$$

Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

В данной статье учитываются предусмотренные законодательством о труде выплаты за непроработанное на производстве время: оплата очередных, дополнительных и учебных отпусков; оплата времени, связанного с прохождением медицинских осмотров и выполнением государственных обязанностей и т.п. Расчет дополнительной зарплаты выполняется по формуле

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{д}},$$

где $C_{\text{озп}}$ – основная зарплата, руб.;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату. При проектировании следует принять его равным 0,1.

$$C_{\text{дзп}} = 98 \cdot 0,1 = 9,8 \text{ руб},$$

Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»

Сюда включаются отчисления по установленным законодательством нормам в пенсионный фонд, в фонд социальной защиты населения, на обязательное медицинское страхование, на другие социальные нужды. Затраты по данной статье выполняются по формуле

$$C_{\text{н}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}}) \cdot (C_{\text{с.н.}} + C_{\text{стр}}) / 100,$$

где $C_{\text{озп}}$ – основная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{\text{дзп}}$ – дополнительная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{\text{с.н.}}$ – ставка социального налога (принять 30 %);

$C_{\text{стр}}$ – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%);

$$C_{\text{н}} = (98 + 9,8) \cdot \frac{30+0,7}{100} = 33.09 \text{ руб.}$$

Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»

В данной статье отражается переносимая на изделие в процессе его изготовления стоимость специальных инструментов и приспособлений, а также моделей, кокилей, опок, штампов и пресс-форм, предназначенных для производства строго определенных изделий. Расчет выполняется по специальной упрощенной методике. При выполнении ВКР эта статья рассчитывается только в том случае, если разрабатываемый технологический процесс предусматривает изготовление специальной оснастки. Затраты на оснастку общего назначения принято относить на следующую статью калькуляции.

Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»

Эта статья является комплексной и включает следующие виды расходов:

- a.** амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение $C_{\text{а}}$;
- b.** эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- c.** ремонт оборудования;
- d.** внутризаводское перемещение грузов;
- e.** погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения;
- f.** прочие расходы.

Элемент «а». Амортизация оборудования определяется на основе норм амортизации и балансовой стоимости соответствующего оборудования, для расчета ее годовой величины используется следующая формула

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot N_{ai} + \sum_{j=1}^m \Phi_j \cdot N_{aj},$$

где Φ_i – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования i -го типа, $i = 1, \dots, T$;

T – количество типов используемого оборудования;

Φ_j – то же для j -го типа оснастки $j=1, \dots, m$;

m – количество типов используемой оснастки;

$N_{обi}$ и $N_{оснj}$ – соответствующие нормы амортизации.

$$\Phi_{16к20} = 1199 \text{ т.руб};$$

$$\Phi_{6р10} = 250 \text{ т.руб};$$

$$\Phi_{3б153т} = 3266 \text{ т.руб};$$

$$\Phi_{3х.кул.патр.} = 23\,500 \text{ руб}$$

$$\Phi_{пр} = 22\,007 \text{ руб}$$

Норма амортизации в общем виде определяется по формуле

$$N_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}}$$

где $T_{\text{пи}}$ – срок полезного использования, лет, принимаемый из прил. 4[15]

$$N_{a.16к20} = N_{a.6р10} = N_{a.3б153т} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$N_{a.3х.кул.патр.} = N_{a.пр} = \frac{1}{3} = 0,33$$

$$A_{\text{год}} = (1199000 + 250000 + 3266000) \cdot 0,1 + 0,33 \cdot (23500 + 22007) = 486517,31 \text{ руб},$$

Ожидаемая средняя загрузка используемого оборудования определяется с помощью величины

$$l_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{в}} \sum_{i=1}^P t_i^{\text{шт.к}}}{\sum_{i=1}^P F_i},$$

где $N_{\text{в}}$ – годовой объем выпуска изделия (детали), шт.;

P – количество операций в технологическом процессе;

$t_i^{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляционное время на i -й операции процесса, $i = 1, \dots, P$; F_i – действительный годовой фонд времени работы оборудования, используемого на i -й операции с учетом принятого количества рабочих смен.

Для металлорежущих станков 1–30 категорий ремонтной сложности при двухсменном режиме работы $F_i = 4029$ часов, при более высокой сложности – 3904 часа.

$$l_{\text{кр}} = \frac{2000 \cdot \frac{3,37 + 5,98 + 10,38 + 27,46 + 1,86 + 1,99}{60}}{4029} = 0,42,$$

Так как, получившиеся $l_{\text{кр}} < 0,6$, то

$$C_a = \left(\frac{A_{\text{год}}}{N_{\text{в}}} \right) \cdot \left(\frac{l_{\text{кр}}}{\eta_{\text{з.н.}}} \right) = \left(\frac{933177,4}{2000} \right) \cdot \left(\frac{0,42}{0,8} \right) = 244,96 \text{ руб.}$$

где $\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования. В зависимости от типа производства для него следует принять значения: массовое и крупносерийное – 0,7; среднесерийное – 0,8; мелкосерийное – 0,85.

Элемент «b» (эксплуатация оборудования) включает в себя:

- полные затраты на содержание (основная зарплата + дополнительная зарплата + все виды отчислений) рабочих занятых обслуживанием машин и оборудования (слесарей, наладчиков, электромонтеров и др. категорий), непосредственно не занятых изготовлением продукции; Принимается в размере 40 % от полной зарплаты и отчислений от нее основных рабочих, занятых изготовлением данной продукции, т.е.

$$\begin{aligned} C_{\text{экс}} &= (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{н}}) \cdot 0,4 = \\ &= (98 + 9,8 + 33,09) \cdot 0,4 = 56,4 \text{ руб.} \end{aligned}$$

- стоимость материалов, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается в размере 20% от величины амортизации, т.е.

$$C_{\text{мзкс}} = C_a \cdot 0,2 = 244,96 \cdot 0,2 = 48,99 \text{ руб.}$$

- затраты на все виды энергии и воду, потребляемые в процессе работы оборудования. В нашем случае мы не знаем эти расходы, поэтому учет их не ведем.

Элемент «с» (ремонт оборудования) включает затраты на заработную плату и отчисления от нее в бюджет и внебюджетные фонды для рабочих, занятых ремонтом оборудования; затраты на материалы, потребляемые в процессе выполнения ремонтных работ; услуги ремонтных цехов предприятия и сторонних организаций. Они определяются укрупнено на основе норматива затрат – 100% от основной зарплаты основных производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{рем}} = C_{\text{озп}} \cdot 1,0 = 98 \cdot 1,0 = 98 \text{ руб.}$$

Элемент «д» (перемещение грузов) включает расходы на содержание и эксплуатацию транспортных средств: стоимость горючего, запчастей, смазочных и прочих материалов, оплату труда занятых на транспортных операциях рабочих, стоимость транспортных услуг других подразделений предприятия и сторонних организаций. При выполнении ВКР эти затраты допускается не учитывать, т.к. это потребовало бы дополнительных данных о производственном процессе, а их доля в себестоимости как правило невелика (менее 1%).

Элемент «е» (погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения), в эту группу включаются все виды технологического оснащения универсального характера со сроком службы менее одного года. Расчет производится по формуле

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{\text{тз}}) \cdot \sum_{i=1}^P C_{\text{и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}} \cdot n_i},$$

где $C_{\text{и}i}$ – цена инструмента, используемого на i -й операции, $i = 1, \dots, P$;

$t_{\text{рез.и}}$ – время работы инструмента, применяемого на i -й операции, мин.;

m_i – количество одновременно используемых инструментов, ($m_i=1$);

$T_{\text{ст.и.и}}$ – период стойкости инструмента (время резания между переточками), мин., (см. прил. 5);

n_i – возможное количество переточек (правок) инструмента, для отогнутых резцов 4;

$k_{\text{тз}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тз}}=0,06$).

Таблица

Наименование инструмента	Время работы, мин	Стойкость, мин	Цена, руб	$\frac{C_{\text{и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}} \cdot n_i}$
Резец проходной упорный прямой, Т15К6	2,1	45	106	1,64
Резец отрезной, Т15К6	0,4	60	94,40	0,62
Сверло 8 мм Р6М5, цилиндрический хвостовик	0,45	35	70,6	0,45
Резец резьбонарезной, Т15К6	0,22	90	206	0,5
Фреза концевая, Т15К6, цельная, цилиндрический хвостовик	8,67	80	304,5	16,5

$$C_{\text{ион}} = (1 + 0,06) \cdot (1,64 + 0,62 + 0,45 + 0,5 + 16,5) = 20,9 \text{ руб.}$$

Элемент «ф» (прочие расходы) включает такие затраты, которые не вошли в состав вышерассмотренных элементов. При выполнении ВКР они **не рассчитываются**.

Расчет затрат по статье «Общехововые расходы»

Данная статья учитывает затраты на содержание руководителей и специалистов аппарата управления цехом; амортизацию и затраты на содержание и ремонт зданий, сооружений и инвентаря общеховового назначения; затраты на мероприятия по обеспечению нормальных условий труда и техники безопасности и другие расходы цеха, связанные с управлением и обслуживанием производства. Общехововые расходы распределяются между выпускаемыми изделиями пропорционально основной зарплате производственных рабочих с помощью нормативного коэффициента $k_{\text{оп}}$, рассчитываемого отдельно по каждому цеху. При отсутствии конкретных заводских данных его следует принять равным 50 – 80 %, от основной зарплаты производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{оп}} = 98 \cdot 0,8 = 78,4 \text{ руб.}$$

Расчет затрат по статье «Технологические потери»

К данной статье относится стоимость полуфабрикатов, деталей, сборочных единиц изделий, не соответствующих нормативной документации при условии, что это несоответствие возникает вследствие неполного знания физических и химических процессов, несовершенства технологического оборудования и измерительной аппаратуры. Такие потери предусматриваются технологическим процессом. Они допускаются в электронном, оптико-механическом, литейном, кузнечном, термическом, гальваническом и некоторых других производствах. При выполнении ВКР статья не рассчитывается.

Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»

На данную статью относятся затраты по общему управлению предприятием, не связанные непосредственно с процессом производства и включающие в себя затраты на содержание административно-управленческого персонала; амортизационные отчисления и расходы на содержание и ремонт основных средств управленческого и общехозяйственного назначения (офисного оборудования, зданий и сооружений); расходы на отопление, освещение и оплату предприятия; плату за воду и землю и т.д. Расчет производится с помощью коэффициента $k_{\text{ох}}$, устанавливающего нормативное соотношение между

величиной данных затрат и основной зарплатой производственных рабочих. Рекомендованное значение $k_{ох} = 0,5$, т.е.

$$C_{ох} = C_{озп} \cdot k_{ох} = 98 \cdot 0,5 = 49 \text{ руб.}$$

Расчет затрат по статье «Потери брака»

Статья учитывает стоимость окончательно забракованной продукции, а также затраты по исправлению брака, она учитывается только в отчетных калькуляциях. В ВКР эти затраты не рассчитываются.

Расчет затрат по статье «Прочие производственные расходы»

На данную статью относятся непредвиденные расходы, расходы на гарантийное обслуживание продукции и др. В ВКР эти затраты также не рассчитываются.

Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»

Статья включает затраты, связанные с реализацией изготовленной продукции: на хранение и упаковку на складах готовой продукции; на доставку продукции на станции и в порты отправления; на рекламу и сбытовую сеть; на комиссионные сборы посреднических организаций и пр. Данные расходы рекомендуется принять равными 1% от производственной себестоимости, т.е. от суммы затрат по всем предыдущим статьям.

Производственная стоимость будет равна:

$$\begin{aligned} C_i = & 49 + 78,4 + 20,9 + 98 + 48,99 + \\ & + 56,4 + 244,96 + 33,09 + 9,8 + 98 + 6,6 + 5,51 + 306,52 + \\ & + 6,01 + 300,51 = 1362,69 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Тогда,

$$C_{рлз} = \sum C_i \cdot 0.01 = 1362,69 \cdot 0,01 = 13,63 \text{ руб.}$$

Расчет прибыли

Прибыль от реализации изделия в зависимости от конкретной ситуации может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5÷20 % от полной себестоимости проекта.

$$\Pi = \sum C_i \cdot 0.15 = 1326,69 \cdot 0,15 = 199 \text{ руб.}$$

Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы полной себестоимости изделия и прибыли.

$$C_{\text{полн}} = C_i + C_{\text{рлз}} = 1362,69 + 13,63 = 1376,32 \text{ руб,}$$

$$\text{НДС} = C_{\text{полн}} \cdot 0,18 = 1376,32 \cdot 0,18 = 247,73 \text{ руб,}$$

Цена изделия

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС.

$$\text{Цена} = C_{\text{полн}} + \Pi + \text{НДС} = 1376,32 + 199 + 247,73 = 1823,05 \text{ руб.}$$

РАЗДЕЛ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Введение

В данном разделе демонстрировать умение анализировать характер действия, разработанных в работе решений, с точки зрения социальной ответственности за моральные, общественные, экономические, экологические возможные негативные последствия и ущерб здоровью человека в результате их внедрения.

Социальная ответственность при разработке новых решений должна обеспечивать:

- исключение несчастных случаев;
- защиту здоровья работников;
- снижение вредных воздействий на окружающую среду;
- экономное расходование невозобновимых природных ресурсов.

Разработки должны базироваться на требованиях законодательных и правовых актов, технических регламентов в области безопасности производства, охраны труда и защиты окружающей среды, на владении способами и мероприятиями по защите в чрезвычайных ситуациях и понятийно-терминологическим аппаратом в области безопасности.

Рабочее место будет находиться внутри цеха механообработки. Это опасное место, с риском получения вреда жизни и здоровью рабочего. Производство такого типа является опасным для человека, потому что на нем человек находится в непосредственной близости к источникам опасности (металлообрабатывающие станки, раскаленный металл, стружка и т.п.).

Производственная безопасность

1.1 Производственная безопасность на участке характеризуются наличием следующих физических вредных и опасных факторов:

– **Подвижные части производственного оборудования.** На проектируемом производстве будут использоваться несколько типов металлорежущих станков. А именно: токарно-винторезный станок, вертикально-фрезерный станок, круглошлифовальный станок. Опасными являются действующие усилия на вращающуюся заготовку, которые могут вырвать ее из приспособления.

– **Повышенный уровень шума на рабочем месте.** Источником шума являются металлорежущие станки, а так же дополнительное обслуживающее оборудование. По ГОСТ 12.1.003-83, предельно допустимый уровень шума в цехе не более 80 дБА (широкополосный шум). Для защиты от данного фактора необходимо использовать защитные кожухи, перфорированные экраны и звукопоглощающие покрытия. Так же присутствует незначительные вибрации, защитой от которых могут послужить резиновые коврики на рабочем месте и обувь, обладающая демпфирующими свойствами.

– **Недостаток естественного света.** Недостаток света приводит к напряжению органов зрения, в результате чего человек быстрее устает, что может привести к браку, а главное, к травмам. Длительное воздействие данного фактора приводит к болезням (близорукость и др.)[1].

Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 при работе за персональным компьютером и документацией допускается комбинирование освещения, т.е. помимо общеравномерного освещения установка светильников местного освещения. Местное освещение должно располагаться ниже или на уровне линии зрения работника так, чтобы не создавать бликов на поверхности экрана. Освещение должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить оптимальные соотношения яркости рабочих и окружающих поверхностей. Освещенность в зоне документов должна быть в диапазоне 300-500 лк, а при работе исключительно с экраном 200 лк. Искусственное освещение располагается так, чтобы обеспечить хорошую видимость на мониторе компьютера. Блесткость уменьшается за счет правильно подобранных осветительных устройств и расположения рабочих мест по отношению к источникам искусственного и естественного освещения. Потолок так же является отражательной поверхностью, поэтому его яркость не должна превышать 200 кд/м². Источником света при искусственном освещении являются люминесцентные лампы типа ЛБ нейтрально-белого или "теплого" белого цвета с индексом цветопередачи не менее 70. Также одним из нормируемых показателей является коэффициент пульсации (K_p), он не должен превышать 5 %, что обеспечивается применением газоразрядных ламп в светильниках общего и местного освещения с высокочастотными пускорегулирующими аппаратами (ВЧ ПРА) для любых типов светильников. Если ВЧ ПРА отсутствуют, применяют лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Сильное загрязнение окон приводит к недостатку естественного света. По СНиП 23-05-95 данная проблема решается установкой дополнительного осветительного оборудования на территории цеха.

– **Повышенная запыленность.** Запыленность возникает в связи с процессами резания, образования стружки, износа режущего инструмента, а также выделение пылевых частиц с обрабатываемой поверхности заготовки.

Длительное воздействие данного фактора на организм вызывает такую болезнь как силикоз (поражение легких и верхних дыхательных путей). Попадая в легкие, на слизистые оболочки, кожные покровы, пыль может вызвать аллергические заболевания органов зрения, кожных покровов и дыхания.

Для защиты от данного вредного фактора, необходимо использоваться вентиляцию. Запыленность нормируется по степени воздействия на организм по [2] (Таблица 1):

Таблица 1

Показатели	Классы опасности			
	1	2	3	4

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1...1,0	1,1...10,0	Более 10,0
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	5000	5001...50000	Более 50000

Классы опасности:

- 1 - чрезвычайно опасные вещества;
- 2 - высокоопасные вещества;
- 3 - умеренноопасные вещества;
- 4 - малоопасные вещества.

–Повышенное значение напряжения в электрической цепи (380/220 В) По степени поражения людей электрическим током помещение цеха относится к особо опасным, так как имеет место:

- а) наличие токопроводящего пола (железобетонный пол),
- б) возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциями зданий, механизмами с одной стороны, и металлическим корпусом электрооборудования – с другой.

Для уменьшения воздействий опасных факторов рекомендуется использовать следующие меры:

- 1) Использование средств индивидуальной защиты: очки, головные уборы, специальная обувь.
- 2) Проведение испытаний станка: на механическую прочность, на электрическую проводимость, на надёжность срабатывания предохранительных устройств-блокировок.
- 3) Использование и применение специальных средств обеспечения безопасности: защитное контурное заземление $R_3 \leq 4 \text{ Ом.}$, средства дробления сливной стружки в процессе резания, искусственное освещение станков, ограничители шума УЗД=97дБА, ПДУ=80дБА и вибрации $f=18\text{Гц}$, ПДУ=92дБ.
- 4) Ограждение опасных зон: движущихся частей станков и механизмов, режущих инструментов, обрабатываемого материала, токоведущих частей

электрооборудования, зоны выделения стружки. Также, средство защиты – механизм, не позволяющий работать станку с открытой дверью.

5) Использование сигнализации безопасности: цветовой и знаковой.

6) Применение расстояния и габаритных размеров безопасности: габаритные размеры рабочих мест, безопасные расстояния между станками и элементами производственного помещения, габаритные размеры, габаритные размеры подвеса электрических проводов.

7) Отключающие устройства станка, в том числе аварийные, окрашены в красный сигнальный цвет. При нарушении технологического процесса на станке предусмотрены сигнальные лампы, окрашенные в красный цвет. Открытые и не полностью закрытые движущиеся части оборудования окрашены в желтый цвет. На шкафах с электрооборудованием станка нанесен знак «Осторожно! Электрическое напряжение».

8) Необходимой мерой безопасности является освещение в соответствии с требованиями норм и правил СНиП 23-05-95 для общего освещения производственных помещений механических цехов рекомендуется применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и ЛД со светильниками типа ОД или ПВЛ.

9) Для местного освещения при точных работах с блестящими металлическими поверхностями рекомендуется использовать люминесцентные лампы ЛД и ЛХБ.

10) Для снижения вероятности возникновения пожара проводится необходимый инструктаж, соблюдаются правила при работе с электрооборудованием, на рабочих местах запрещено курить и пользоваться источниками открытого огня. В качестве мер противопожарной защиты на участке и в цехе предусмотрены средства пожаротушения. Для тушения пожаров водой используются внутренние и внешние водопроводы, а в качестве первичных средств пожаротушения пенные огнетушители ОХВП-10, углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, и ОУ-8 1-у штуку на 700м² площади, ящики с песком 1-ин на 500м² площади.

Экологическая безопасность

В ходе механической обработки металлов неминуемо образуется пыль, стружка, туман от испарения СОЖ, которые выводятся в наружу при помощи вентиляционных систем, что отрицательно сказывается на окружающую среду. Опишем некоторые факторы, влияющие на экологическую безопасность и возможные пути их решения:

– Чтобы избежать механические примеси в вентиляционных выбросах, необходимо оборудовать вентиляцию волокнистыми фильтрами, электрофильтрами и аппаратами мокрого и сухого пылеулавливания;

– Чтобы очистить газовую составляющую вентиляционных выбросов используют специальные конденсаторы, которые охлаждают воздушные смеси ниже точки росы.

– Уборка стружки осуществляется следующим методом: в процессе механической обработки стружка удаляется при помощи СОЖ в специальный резервуар под станком, который расположен под определенным углом к горизонту. Угол необходим для направления потока в наклонный желоб, который ведет в отстойник. Оттуда СОЖ подается в фильтр, для повторного использования, а стружка уходит на переработку;

Защита от тончайшей пыли и металообразивной стружки, а также от выбросов вредных газов осуществляется вытяжными трубами, воздухоборниками, отсосами. Воздух, проходя через многочисленные фильтры, очищается, а пыль и грязь поступает в отходы.

– Для того, чтобы свести к минимуму загрязнение сточных вод, все стоки необходимо оборудовать фильтрами, задерживающие масла, кислоты и грязь. Очистка сточных вод осуществляется, как правило, в отстойниках, шлаконакопителях, нефти - и маслоловушках. Очищенные воды в большинстве случаев используются в системах оборотного водоснабжения. При этом вода основного источника или из других циклов водопользования идёт на компенсацию потерь оборотной воды.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Так как на производстве используется электроэнергия для питания станков и активная подача СОЖ, то без соблюдения техники безопасности и пожарных норм, с высокой долей вероятности, может произойти пожар (короткое замыкание, воспламенение СОЖ и т.п.). Во избежание чрезвычайных ситуациях следует:

- 1) Проводить инструктажи по технике пожарной безопасности для всех работников цеха;
- 2) Обязаны присутствовать средства пожаротушения (в качестве первичных средств пожаротушения пенные огнетушители ОХВП-10, углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, и ОУ-8 1-у штуку на 700м² площади, ящики с песком 1-ин на 500м² площади).
- 3) В каждом цехе должен быть пожарный план и инструкция по действиям при пожаре, с указанием всех пожарных выходов, пожарных щитов и ящиков с песком;

- 5) Наличие звуковой пожарной сигнализации.
- 6) Система пожарной сигнализации включается в общезаводскую/общецеховую систему пожарных извещателей кольцевого типа. Оповещение рабочих происходит через местную связь (радиосвязь).

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Так как данный вид работ подразумевает возможное наличие угроз жизни (таких как работа в запылённом помещении, работа с горячим металлом, работа с подвижными частями механизмов), работника следует обеспечить всеми необходимыми мерами защиты – рабочими перчатками, для уменьшения травм от острых краёв металла; очками, для исключения попадания инородных тел в глаза и область глаз; спец.одеждой, как мерой индивидуальной защиты работника, а также другими средствами защиты в зависимости от выполняемой сотрудником работы. [3,4]

Каждому работнику должно быть предоставлено рабочее место с учётом специфики его работы, оснащённое всем необходимым инструментом и оборудованием. Место должно быть удобным, а также должно отвечать всем нормам производственной безопасности. Всё нужное для работы рекомендуется располагать рядом с рабочим местом в пределах 2-3 метров, во избежание лишних перемещений по цеху. [5,6]

Обязательны проведения инструктажей по первой помощи и наличие на каждом рабочем месте аптечки со всем необходимым, для оказания первой медицинской помощи пострадавшему (если это возможно).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
5. Справочник нормировщика машиностроителя в 4-х т. / Под ред. А.Д.Гальцов и Р.И. Хисин.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
7. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др., Под общей редакцией И.А.Ординарцева.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение .1987.-846 с.